

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



**Hodnocení vlivu organických hnojiv a
bioaktivátorů na vybrané půdní vlastnosti ve zvoleném
zemědělském podniku**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Petr Šařec, Ph.D.

Autor diplomové práce: Ondřej Svatoš

Praha 2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Ondřej Svatoš

Zemědělská technika

Název práce

Hodnocení vlivu organických hnojiv a bioaktivátorů na vybrané půdní vlastnosti ve zvoleném zemědělském podniku

Název anglicky

Evaluation of effect of farmyard manure and bioactivators on selected soil characteristics at a chosen agricultural business

Cíle práce

Vyhodnocení vlivu aplikace organických hnojiv a pomocných půdních přípravků především na fyzikální vlastnosti půdy, např. na tahový odpor nebo na infiltrační schopnost půdy.

Metodika

Při měření tahového odporu, infiltrační schopnosti půdy atd. bude použito metody sběru dat, jejich zpracování a vyhodnocení. Při zpracování dat bude použito vyhodnocení pomocí statistické analýzy a pomocí komparace jednotlivých variant.

Doporučený rozsah práce

cca 50 str.

Klíčová slova

půdní aktivita, pomocné půdní přípravky, fyzikální vlastnosti půdy, tahový odpor, hnůj

Doporučené zdroje informací

ABBOTT, L. K.. MURPHY, D. V. *Soil Biological Fertility: A Key to Sustainable Land Use in Agriculture*. Springer, 2007. 268 pp. ISBN 978- 1402066184.

Firemní prospekty.

LADYGINA, N.; RINEAU, F. *Biochar and soil biota*. CRC Press, 2013, 270 s. ISBN 978-146-6576-483.

ŠARAPATKA, B. *Pedologie a ochrana půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-3736-1.

TITI, A E. *Soil tillage in agroecosystems*. Boca Raton: CRC, 2003. ISBN 978-0849312281.

VOLTR, V. *Hodnocení půdy v podmínkách ochrany životního prostředí*. Praha: Ústav zemědělské ekonomiky a informací, 2011. ISBN 978-80-86671-86-4.

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Petr Šařec, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra využití strojů

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2017

doc. Ing. Petr Šařec, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2017

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 26. 03. 2018

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma: Hodnocení vlivu organických hnojiv a bioaktivátorů na vybrané půdní vlastnosti ve zvoleném zemědělském podniku vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom že, na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla. “

.....

Podpis

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat doc. Ing. Petru Šařcovi, Ph.D., vedoucímu mé diplomové práce a Ing. Petru Novákovi, Ph.D., za cenné rady, které mi při psaní této diplomové práce poskytli.

Abstrakt:

Tato diplomová práce se zabývá vlivem organických hnojiv a bioaktivátorů na vlastnosti půdy po jejich aplikaci. V první části práce je popsána problematika půdy jako takové. Pozornost je věnována například typům půdní degradace nebo jejím fyzikálním vlastnostem. V praktické části jsou popsány a vyhodnoceny změny vlastností půdy, ke kterým došlo po roce polních pokusů na pozemku Zemědělské společnosti Sloveč a.s. Vlastnosti, kterým věnujeme pozornost jsou tahový odpor, penetrační odpor a infiltrace vody. Poslední část obsahuje shrnutí výsledků a z nich vyvozené závěry.

Klíčová slova: půdní aktivita, pomocné půdní přípravky, fyzikální půdní vlastnosti, tahový odpor, hnůj

Abstract

This thesis follows up the effect of organic fertilizers and bioactivators on soil attributes after its application. In the first part of the thesis is described the problematics of the soil itself. Attention is given for example to soil degradation or its physical attributes. In the practical part are described and evaluated the changes of the soil attributes, that happened during the year of soil experiments on the plat of Zemědělská společnost Sloveč a.s. Attributes, we focus on, are traction, penetration resistance and water infiltration. The last part contains the summary of the results and deducated conclusions.

Key words: soil activity, soil enhancing preparations, physical soil properties, traction, manure

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíle práce a metodika	2
	2.1 Cíl práce.....	2
	2.2 Metodika práce	2
	2.2.1 Měření penetračního odporu.....	2
	2.2.2 Odběr neporušených půdních vzorků	4
	2.2.3 Postup při rozboru odebrané půdy.....	5
	2.2.4 Zkouška tahového odporu.....	6
	2.2.5 Infiltrační vlastnosti půdy	8
	2.2.6 Varianty půdních pokusů	9
	2.2.7 Počáteční stav půdy na pokusném poli	10
3	Teoretická část práce	11
	3.1 Půda	11
	3.2 Klasifikace půdy	11
	3.3 Fyzikální charakteristika půdy.....	12
	3.3.1 Zrnitost půdy.....	13
	3.3.2 Měrná hmotnost půdy	15
	3.3.3 Objemová hmotnost.....	16
	3.3.4 Pórovitost.....	17
	3.3.5 Vlhkost půdy.....	18
	3.3.6 Vzduch v půdě	19
	3.3.7 Teplota půdy	19
	3.3.8 Soudržnost	19
	3.3.9 Přílnavost	19
	3.3.10 Tření půdy.....	20
	3.3.11 Barva půdy.....	20

3.4	Faktory ovlivňující úrodnost půdy	21
3.5	Degradace půdy	23
3.5.1	Vodní eroze.....	23
3.5.2	Větrná eroze.....	24
3.5.3	Utžení půdy.....	25
3.5.4	Ztráta půdní organické hmoty.....	25
3.5.5	Acidifikace.....	25
3.5.6	Zasolení půd.....	26
3.5.7	Znečištění půdy anorganickými a organickými látkami..	26
3.5.8	Zastavování zemědělské půdy	26
3.6	Statková hnojiva	27
3.6.1	Chlévský hnůj	28
3.6.2	Kejda.....	28
3.6.3	Močůvka	28
3.7	Průmyslová hnojiva-PRP Technologies	29
3.7.1	PRP Technologies.....	29
3.7.2	PRP NEOSOL	30
3.7.3	Z FIX	32
4	Praktická část práce.....	34
4.1	Zemědělská společnost Sloveč, a.s.	34
4.2	Objemová hmotnost a redukovaná objemová hmotnost.....	34
4.3	Penetrační odpor	35
4.3.1	Varianta I a	36
4.3.2	Varianta II a	36
4.3.3	Varianta III a.....	37
4.3.4	Varianta IV a.....	38
4.3.5	Varianta V a.....	39

4.3.6	Varianta VI a.....	39
4.3.7	Varianta I b	40
4.3.8	Varianta II b.....	41
4.3.9	Varianta III b.....	42
4.3.10	Varianta IV b	43
4.3.11	Varianta I c	43
4.3.12	Varianta II c	44
4.3.13	Varianta III c.....	45
4.3.14	Varianta IV c.....	45
4.4	Penetrační odpory v jednotlivých měřených hloubkách	46
4.4.1	Penetrační odpor v hloubce 4 cm.....	46
4.4.2	Penetrační odpor v hloubce 8 cm.....	47
4.4.3	Penetrační odpor v hloubce 12 cm.....	48
4.4.4	Penetrační odpor v hloubce 16 cm.....	48
4.4.5	Penetrační odpor v hloubce 20 cm.....	49
4.4.6	Penetrační odpor v hloubce 24 cm.....	50
4.4.7	Penetrační odpor v hloubce 28 cm.....	50
4.4.8	Penetrační odpor v hloubce 32 cm.....	51
4.4.9	Penetrační odpor v hloubce 36 cm.....	52
4.5	Infiltrace půdy.....	52
4.6	Tahový odpor.....	53
5	Závěr.....	54
	Seznam použitých zdrojů	60
	Seznam obrázků	63
	Seznam grafů	63
	Seznam tabulek	64

1 Úvod

Orná půda je jeden z nejcennějších přírodních zdrojů, který dnes na světě máme. Každým rokem však přicházíme o velkou část její rozlohy. Důvodů je mnoho, ať už je to stále se zvětšující počet obyvatel, desertifikace nebo změny klimatu. Proto je důležité, abychom se o tu, která nám zbývá, co nejlépe starali.

Bohužel se však stává, že to je přesně naopak. Na půdě dochází k intenzivnímu pěstování plodin tak, abychom měli co nejvyšší výnosy. Tyto technologie však bývají k půdě velice nešetrné.

Další trend, který má na půdu negativní účinky je stále se zmenšující objem živočišné produkce v zemědělských podnicích. Dnes už není žádnou výjimkou, aby podnik, který vlastní několik stovek hektarů půdy, neměl jediný kus skotu nebo jediné prase. To samozřejmě vede k minimálnímu používání organických hnojiv, které mají na půdu značně lepší účinky než hnojiva průmyslová. Dále už není potřeba pěstovat krmivo v podobě píce, které měly na vlastnosti půdy prospěšnější vliv než pěstování například obilovin.

Přes všechny tyto problémy se nacházíme v době, kdy naše technika a technologie dospěla do takového bodu, že bychom měli být schopni chovat se k půdě způsobem, abychom měli dostatečné výnosy a zároveň půdu pouze nevysávali. K tomu by nám měli pomoci přípravky, kterými se budu zabývat v této diplomové práci. Jedná se o přípravky, které aplikujeme buď přímo do půdy nebo je přidáváme ke statkovým hnojivům.

Přestože je zemědělství vlastně jen podnikání, ve kterém jde o co nejvyšší zisky, je třeba, abychom se k půdě, na které plodiny pěstujeme, chovali co nejlépe. Pokud se tak chovat nebudeme, je velice pravděpodobné, že za pár let nezbyde žádná půda, na které bychom byli schopni jakékoliv plodiny vypěstovat.

2 Cíle práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je provést vyhodnocení vlivu použitých organických hnojiv a bioaktivátorů na půdu. K tomuto pokusu byl vybrán pozemek patřící Zemědělské společnosti, a.s. Vyhodnoceny budou zejména tahový odpor půdy, penetrační odpor půdy a její infiltrační schopnosti.

2.2 Metodika práce

Vlastnosti, které budou v této diplomové práci porovnávány jsou tahový odpor, penetrační odpor, nasycená hydraulická vodivost a objemová hmotnost

2.2.1 Měření penetračního odporu

Nejjednodušším způsobem, jakým lze zjistit, zda v půdě dochází k utužení neboli pedokompakci, je prosté pozorování. Pouhým pohledem můžeme zjistit, kde na poli dochází k horšímu vsakování vody nebo vzcházení rostlin. [Lhotský,2000]

V běžném provozu se nejčastěji využívá velice jednoduchá nepřímá metoda zvaná penetrometrie. Princip spočívá v naměření odporu půdy proti vnikání kuželovitého tělesa o známých rozměrech. Penetrometrem zjištěný odpor se udává v kPa, popřípadě v MPa.

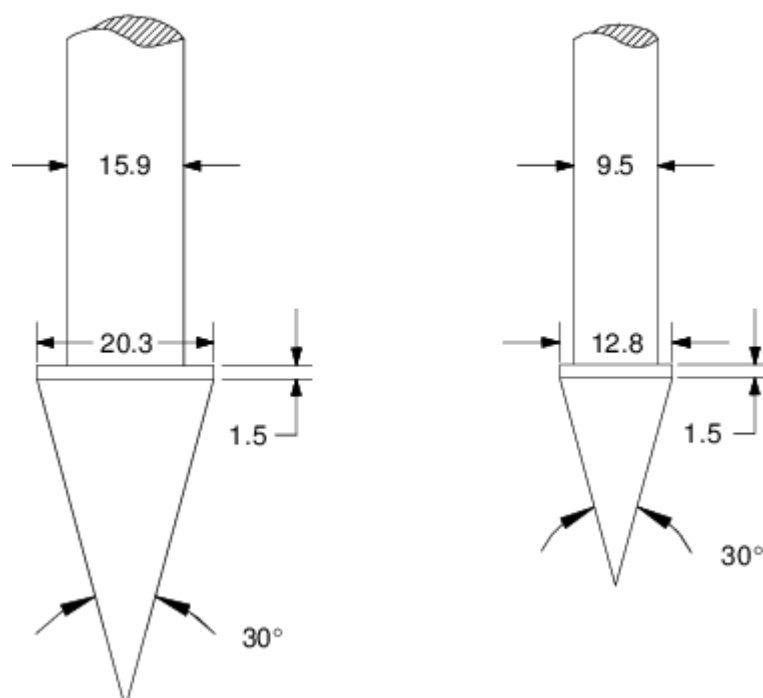
Metoda vychází z poznatku, že mezi hustotou uložení půdních částic a zhutněním existuje přímá úměra. Všechny tyto půdní vlastnosti dále úzce souvisí s půdní objemovou hmotností a pórovitostí.

Tato metoda je velice jednoduchá a rychlá. Předchozí tvrzení však bohužel platí pouze při určité zrnitosti a vlhkosti půdy. [Šařec, Prošek, Šařec,2009]

Přístroj, který se při této metodě využívá, se nazývá penetrometr. Jednotlivá provedení penetrometrů se od sebe mohou lišit, základní části jsou však vždy stejné. Každý penetrometr se skládá ze sondovací tyče, na které je umístěna kuželová hlavice, siloměru a měřidla zahloubení.

Tvar a rozměry hlavic, které jsou doporučeny společností American society of agricultural engineers (ASAE) můžete vidět na obrázku.

Obrázek 1 Typy kuželové hlavice penetrometru



Zdroj: https://www.researchgate.net/figure/Tip-geometry-for-ASAE-standard-large-cone-ASAE-standard-small-cone-and-Veris-EC-sensing_fig1_43261906

Pro tuto diplomovou práci byl použit penetrometr, který byl zkonstruován a vyvinut na Katedře využití strojů ČZU. Jmenovitě na tom mají svůj podíl Petr Šařec, Ondřej Šařec a Václav Prošek.

Penetrometr slouží k měření do hloubky až 0,74 m při rychlosti vnikání kuželovitého tělíska přibližně 3 cm za sekundu. Přístroj je schopen měřit v rozmezí tlakového odporu 0

až 7 MPa. Díky paměti EEPROM je po připojení k počítači možné získat data jako textový soubor. Při vlastním měření vidíme údaje o tlaku a hloubce na displeji.

Kromě základních částí, které jsou zmíněny výše, je přístroj dále vybaven například převodníkem napětí/frekvence, laserovým snímačem vzdálenosti, modulární vyhodnocovací jednotkou nebo tenzometrickým a dynamickým čidlem pro měření vtláčovací síly.

Obrázek 2 Penetrometr



Zdroj: <http://www.soilmeasurement.com/penetrometer.html>

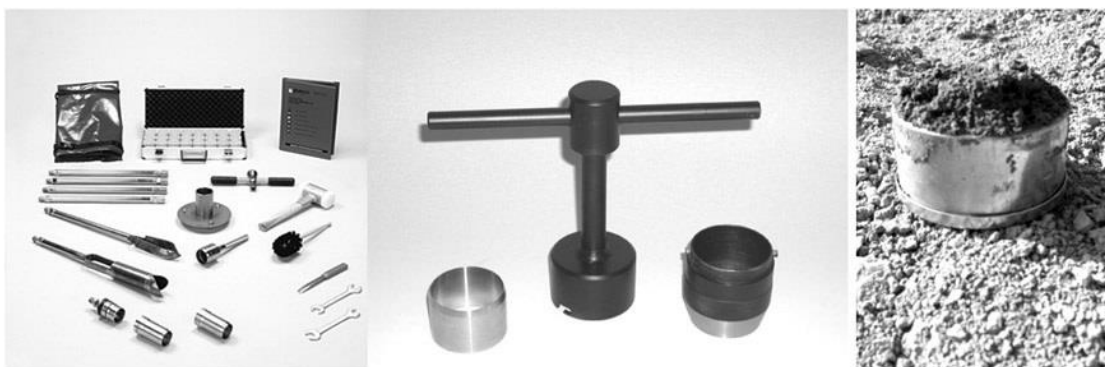
2.2.2 Odběr neporušených půdních vzorků

Tato metoda slouží k určení základních fyzikálních vlastností půdy. Zjistíme díky ní hmotností a objemové poměry mezi pevnou, kapalnou a plynnou složkou, které půda obsahuje. Standardně se k odběru využívají tzv. Kopeckého válečky o objemu 100 cm³, které jsou vyrobeny z nerezavějící oceli.

Při vlastním odběru postupujeme tak, že pomocí lopatky nejdříve odstraníme vrchní vrstvu zeminy a následně na rovnou plochu položíme Kopeckého váleček. Váleček do ze-

miny zatloukáme gumovou palicí přes vhodný nástavec. Zatloukáme tak dlouho, dokud zemina nepřesahuje přibližně 1 cm přes horní okraj. Následně váleček opatrně vyjmeme lopatkou, přebytečnou zeminu odstraníme ostrým nožem, z obou stran zavíčkujeme a zajistíme gumičkou. Válečky je dobré okamžitě popsat, aby bylo jasné, o jaký vzorek půdy se jedná.

Obrázek 3 Sada Kopeckého válečků



Zdroj: http://ucebnice.remediace.cz/images/obr_06.jpg

2.2.3 Postup při rozboru odebrané půdy

1. Nejprve probíhá zjištění momentální vlhkosti půdního vzorku. Na hodinové sklo o známé hmotnosti postavíme, co nejdříve po odebrání, Kopeckého váleček s půdním vzorkem. Váleček musí být z obou stran odvíčkovaný a na hodinovém skle podložený filtračním papírem.
2. Váleček se poté nasycuje destilovanou vodou. K tomu dochází díky kapilárnímu vzliánání vody, které probíhá při použití filtračního papíru. Aby nedocházelo k odparu, je nutné horní stranu zakrýt dalším hodinovým sklem. Takto vzorek ponecháme do druhého dne, kdy by už měl být plně nasycen.
3. Následující den se váleček z filtračního papíru sejme, přebytečná voda se nechá odkapat a po zvážení vzorku se určí jeho nasákavost.
4. Jako dalším krokem v pořadí je odsávání vody přes čtyřnásobně složený filtrační papír, na který vzorek položíme. Horní základnu je opět potřeba zakrýt hodinovým sklem. Od této chvíle (čas nula) měříme 30 minut.

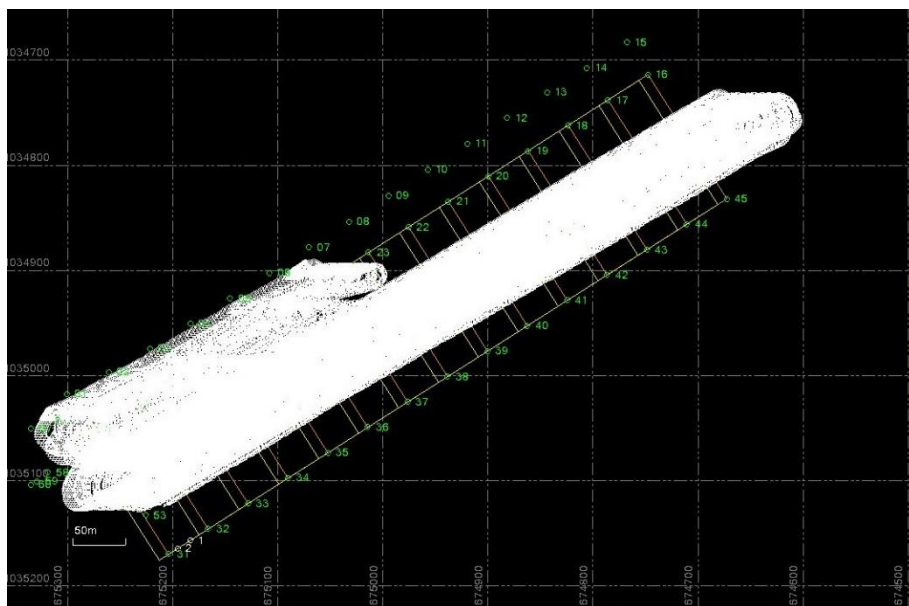
5. Po 30 minutách změříme vlhkost, a to opět pomocí hodinového skla a váhy. Jedná se o takzvanou třicetiminutovou vlhkost.
6. Dalším krokem v pořadí je opětovné odsávání přes nový čtyřnásobný filtrační papír. Tentokrát proces trvá 90 minut a zjistíme tím maximální kapilární vodní kapacitu.
7. Následný krok probíhá stejně jako předchozí, ale čekáme 22 hodin. Tím získáme přibližnou kapilární vodní kapacitu.
8. Po 22 hodinách se váleček se zeminou o známé hmotnosti suší tak dlouho, dokud se jeho hmotnost nepřestane měnit. Po vychladnutí vzorek zvážíme a tím zjistíme hmotnost sušiny.
9. Následně lze z rozmělněné zeminy určit její specifickou hmotnost. [Hammerová]

2.2.4 Zkouška tahového odporu

Měření tahového odporu můžeme rozdělit na standardní, urychlené nebo se může použít výpočtová metoda. Standardní má jasný, metodikou předem daný postup a dílčí hodnoty odporu se určují postupně. Urychlenou zkoušku vyvinuli pracovníci České zemědělské univerzity v Praze. Zatěžování a získávání hodnot je provedeno během jediné jízdy. Výpočtová metoda, jak už její název napovídá, dopočítává požadované parametry podle jednoho základního a v praxi se téměř nepoužívá. Během zkoušky dochází k měření tahové síly, prokluzu, spotřeby paliva a střední rychlosti.

Pro tuto diplomovou práci proběhlo měření tahového odporu pomocí soupravy skládající se ze dvou traktorů. Dráhu přejezdů při měření v roce 2017 můžeme vidět na obrázku číslo čtyři. První traktor funguje jako tažný a druhý, který je k němu připevněný tenzometrickým siloměrem, jako tažený. Z důvodu zachování bezpečné vzdálenosti je siloměr připevněn přes tyč, která s ním má být ve stejné výšce tak, aby docházelo pouze k tažnému nebo tlačnému namáhání. Nedodržení této podmínky by vedlo k naměření pouze složky tahového odporu. [Musil, Červinka, 2011]

Obrázek 4 Přejezdy parcelových pokusů v roce 2017



Zdroj: Autor

V roce 2016 byla použita souprava, která se skládala z traktoru značky John Deere 9570 RT a podmítače Köckerling Vario 480. maximální šířka tohoto podmítače je 4,8 m, pracovní šířka v tomto případě však byla pouze 3 m. V roce 2017 byl použit traktor John Deere 9560 RT společně s Horsch Terrano 8 FG. Maximální šířka tohoto podmítače je 8,1 m, pracovalo se však pouze při záběru 3 m. Soupravu z roku 2017 můžeme vidět na obrázku číslo pět.

Obrázek 5 Souprava pro měření tahového odporu v roce 2017



Zdroj: Autor

2.2.5 Infiltrační vlastnosti půdy

K měření byly použity nerezové válce o vnitřním průměru 150 mm, výšce 150 mm a tloušťce stěny 2 mm, které můžeme vidět na obrázku šest. Na každé měřené části pozemku bylo použito deset válců, které byly vtlačeny nejméně 40 mm do půdy. Pomocí vlhkoměru se změřila vlhkost půdy v každém z nich a zapsala se. Následně se do každého válce nalil přesně 1 l (0,5 l) vody. V okamžiku nalití se začal měřit čas, který uběhne do úplného vsáknutí vody z povrchu. Po vstřebání se opět změřila a zapsala vlhkost půdy. Pomocí naměřených hodnot došlo k výpočtu hydraulické vodivosti za použití vzorce dle Bagarello, Iovino, Elrick. [2004]

$$K_{fs} = \frac{\Delta\theta}{(1-\Delta\theta) \cdot t_a} \cdot \left[\frac{D}{\Delta\theta} - \frac{D + \frac{1}{\alpha^*}}{1-\Delta\theta} \cdot \ln \left(1 + \frac{(1-\Delta\theta) \cdot D}{\Delta\theta \cdot (D + \frac{1}{\alpha^*})} \right) \right] [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (1)$$

Kde:

$\Delta\theta$ – rozdíl relativní vlhkosti půdy před nalitím vody a po vsáknutí vody

t_a – čas, za jaký se nalitá voda zcela vsákla do půdy [s]

α – konstanta (zvolena 4 m^{-1})

D – podíl objemu vody a plochy ohraničené válcem [m]

Obrázek 6 Válce pro měření infiltrace vody



Zdroj: Autor

2.2.6 Varianty půdních pokusů

Hodnoty, které byly pro tuto diplomovou práci naměřeny, pochází z pozemku společnosti Sloveč a.s.. Parcely, na které byl pozemek rozdělen, mají rozměry přibližně 45x140 metrů a liší se použitými statkovými hnojivy, průmyslovými hnojivy a bioaktivátory. Následující tabulka číslo jedna ukazuje, jaké kombinace přípravků a v jakém množství byly tyto přípravky na jednotlivých variantách použity.

Dále je důležité zmínit, že v roce 2017 se na této kontrolní variantě pěstovala ozimá pšenice odrůdy SECESE, která byla sklizena 4.8. 2017. Výnosy této pšenice jsou také uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 1 Označení jednotlivých variant a výnos pšenice v roce 2017

Číslo varianty	Označení varianty	Použité přípravky	Výnos [$t \cdot ha^{-1}$]
1.	I a	Kravský hnůj s FIX + NPK	8,71
2.	II a	Kravský hnůj s FIX + SOL + NPK	8,81
3.	III a	Kravský hnůj + NPK	8,43
4.	IV a	Kravský hnůj + SOL + NPK	8,48
5.	V a	SOL + NPK	7,95
6.	VI a	NPK (kontrola)	7,71
7.	I b	Prasečí hnůj s FIX + NPK	8,19
8.	II b	Prasečí hnůj s FIX + SOL + NPK	8,33
9.	III b	Prasečí hnůj + NPK	7,71
10.	IV b	Prasečí hnůj + SOL + NPK	8,10
11.	I c	Drůbeží hnůj s FIX + NPK	7,90
12.	II c	Drůbeží hnůj s FIX + SOL + NPK	8,00
13.	III c	Drůbeží hnůj + NPK	7,62
14.	IV c	Drůbeží hnůj + SOL + NPK	7,90

Zdroj: Autor

Jednotlivá hnojiva byla na půdní pozemek aplikována od roku 2014. Varianty s označením a byly ošetřeny v letech 2014, 2015 a 2016. Varianty s označením b a c byly ošetřeny pouze v letech 2014 a 2016. Dávkování jednotlivých hnojiv a přípravků bylo následující:

- Kravský hnůj – $50 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$
- Prasečí kejda – $40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$
- Drůbeží trus – $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$
- PRP SOL – $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$
- NPK – $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$

Průmyslové hnojivo NPK bylo v poměru 15-15-15 a bylo vyrobeno ve společnosti Lovochemie se sídlem v Lovosicích.

Přípravek Z FIX byl aplikován do statkových hnojiv podle, výrobcem daných, aplikčních dávek. Tabulka s hodnotami je uvedena níže.

2.2.7 Počáteční stav půdy na pokusném poli

Půdním typem na pokusném poli je černice pelická na slínu. Podle zrnitostního složení se jedná o těžkou, jílnatou půdu, která je obtížně zpracovatelná.

Z fyzikálního hlediska se jedná o půdu porušenou, a to jak v ornici, tak v podorniči. Hodnoty maximální kapilární kapacity klesly pod limitních 35 %, tím je způsobena trvalá vysoká objemová hmotnost, kterou je potřeba napravovat pravidelným kypřením. Minimální vzdušnost klesla pod 10 %, to způsobuje nízký obsah půdního kyslíku. To je příčinou zhoršeného využití dusíku z minerálních hnojiv.

Obsah celkového humusu odpovídá těžkým půdám. Při relativním vztažení ke způsobu hospodaření, se však jedná o hodnoty nízké. Obsah uhlíku je třeba zvyšovat aplikací kvalitních organických hnojiv. V půdě byl dále snížený obsah fosforu, draslíku a hořčíku. Tyto látky je třeba do půdy dlouhodobě a cíleně dodávat.

3 Teoretická část práce

V této části práce se autor pokusí co nejdůležitěji popsat základní vlastnosti a význam zemědělské půdy.

3.1 Půda

Půdu můžeme definovat jako nejsvrchnější část zemské kůry, která je tvořena směsí minerálních součástí, odumřelou organickou hmotou a živými organismy. Je svisle členěná, spojená se svým podložím a vzniká ze zvětralin nebo nezpevněných minerálních a organických usazenin. [Tuf, 2013]

Představuje pro nás nenahraditelný „výrobní prostředek“, který využíváme především v zemědělství, lesnictví a stavebnictví. Jeden centimetr půdní vrstvy vzniká přibližně 100 let, ale může být zničen za pár minut. Další faktory, které půdu ohrožují, jsou například často nesmyslné stavby nebo projekty.

Mimo „produkční“ smysl jsou tu však i další, neméně důležité významy půdy. Patří mezi ně například retence, transformace, infiltrace nebo filtrace, bez které by neexistovala pitná voda. [Lavelle, Spain, 2001]

Půdu je proto třeba brát jako vzácnost a ne samozřejmost. Jedná se o nenahraditelný zdroj, který potřebujeme ke svému přežití. Pokud chceme jako lidstvo i nadále přežít, musíme se o něj pečlivě starat.

3.2 Klasifikace půdy

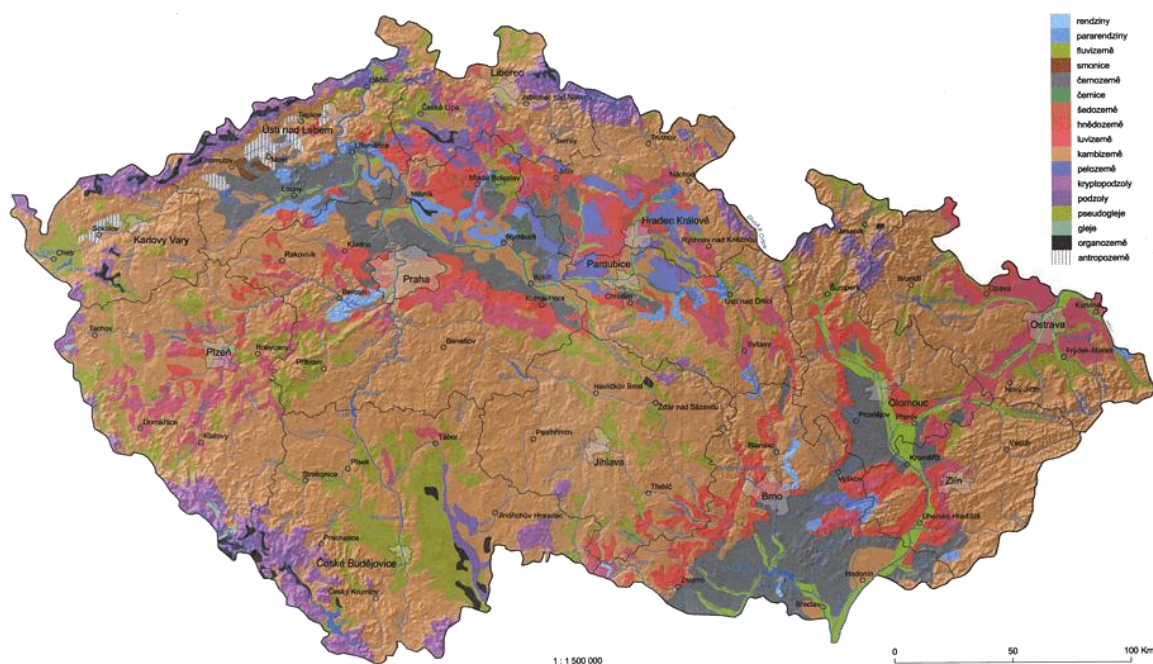
Základní hledisko, podle kterého se půdy klasifikují, je genetický půdní typ. Ten představuje uspořádání půdního profilu, který je vždy složen z několika vrstev. Tyto vrstvy se od sebe liší zejména barvou a vlastnostmi.

V průběhu minulého tisíciletí existovalo mnoho klasifikací, které si dělaly nárok na to, aby byly nazývány referenční. Zejména to pak byly klasifikace sovětská, francouzská a

Americká. V současnosti se jako celosvětově platná klasifikace označuje World Reference Base for Soil Resources (WRB) z roku 1996. [Šarapatka, 2014]

V ČR se půdy rozdělují podle Taxonomického klasifikačního systému půd ČR z roku 2001. Ten slouží k mapování jak zemědělských, tak i lesnických půd a je v co nejvyšší míře inspirován mezinárodním systémem klasifikace. Příklad půdní mapy ČR můžeme vidět na následujícím obrázku s číslem sedm.

Obrázek 7 Půdní mapa ČR



Zdroj: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/pudni_mapy/\\$FILE/OOOPK-Ceska_republika-20131128.gif](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/pudni_mapy/$FILE/OOOPK-Ceska_republika-20131128.gif)

3.3 Fyzikální charakteristika půdy

Fyzikální charakteristika půdy je soubor vlastností, které vznikají vzájemnou interakcí mezi pevnou složkou, vodou a vzduchem, které se půdě nachází.

Můžeme je rozdělit na:

- Základní fyzikální vlastnosti (zrnitost půdy, měrná a objemová hmotnost, pórovitost a struktura půdy)

- Hydrofyzikální a aerační vlastnosti (vlhkost, vodní kapacita, propustnost, vzlínavost, vzdušná kapacita atd.)
- Teplotní vlastnosti (tepelná a teplotní vodivost, teplota)
- Fyzikálně-mechanické vlastnosti (soudržnost, přilnavost, konzistence, uléhavost, hutnost, hrudkovatění atd.)

Minerální půdy, které se v České Republice vyskytují nejčastěji, se skládají ze tří hlavních složek. Jedná se o pevnou fázi (50 %), vodu (20–30 %) a vzduch (20–30 %). Pevná fáze lze dále rozdělit na minerální složku (90 %) a organickou složku (10 %). [Pokorný, Šarapatka, Hejnová, 2007]

Podle tohoto rozdělení budou dále popsány jednotlivé vlastnosti (pevná fáze, půdní voda, vzduch). Následovat budou teplotní vlastnosti, fyzikálně-mechanické vlastnosti a barva půd.

3.3.1 Zrnitost půdy

Anorganická složka půdy se liší svou velikostí a složením v závislosti na matečné hornině. Čím větší podíl budou v horninách tvořit těžce zvětratelné minerály, jako například křemen, tím bude půda hrubozrnější. Naopak větší podíl lehce zvětratelných minerálů bude mít za důsledek to, že půda bude jílovatější. [Hůla, Procházková, 2008]

Základní zrnitostní frakce v půdě se dělí na písek, prach a jíl.

Písek

Částice písku, které jsou tvořeny buď křemenem nebo úlomky silikátových hornin a živců, podle klasifikace ISSS překračují velikost 2 mm. Tato složka zajišťuje drenáž půdy, protože voda se mezi částicemi rychle vsákne. Vysoký obsah písku způsobuje dobrou propustnost, provzdušněnost, ale také rychlé vysychání.

Prach

Prach je tvořen částicemi střední velikosti v rozsahu 0,002 – 0,02 mm. Nejvíce prachových částic můžeme najít v půdách vytvořených na spraších. Slouží zejména k zajištění

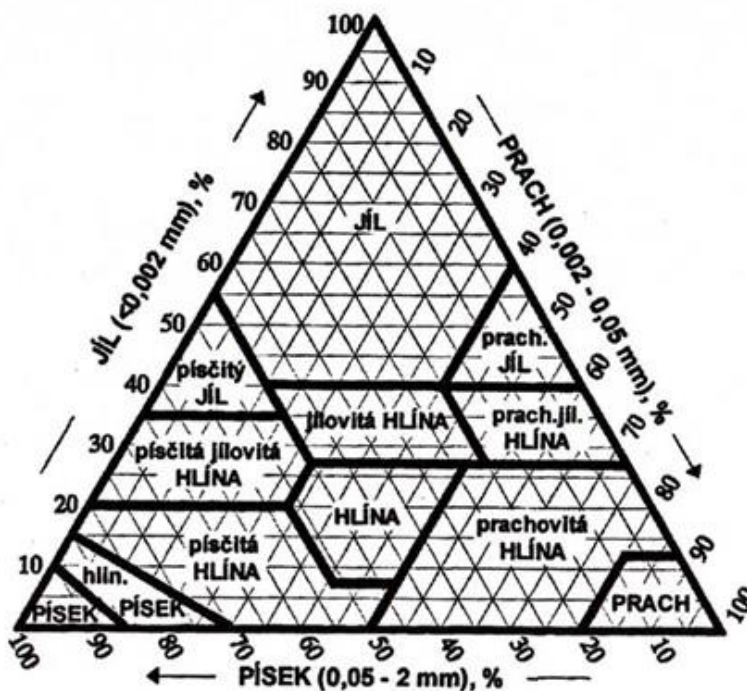
dobrých fyzikálních vlastností a optimálního poměru mezi vodou a vzduchem obsaženým v dané půdě.

Jíl

Jedná se o nejjemnější půdní frakci s velikostí zrn nepřesahujících 0,002 mm. Povrchová plocha je asi 10 000x větší než povrchová plocha středně velké částice písku. Koloidní jíl má vliv zejména na pórovitost půdy, vodní a vzdušný režim a obsah živin vázaných sorpčním komplexem. Díky tomu ve výsledku ovlivňuje i organickou složku půdy.

Druhy půd se dají rozdělit z několika různých hledisek. Jedním ze základních je systém dělení podle obsahu jednotlivých frakcí. Podrobné rozřídění půd můžeme vidět na trojúhelníkovém diagramu, který je ve velmi podobných variantách rozšířen na celém světě. Tento diagram můžeme vidět na obrázku číslo osm.

Obrázek 8 Trojúhelníkový graf USDA



Zdroj: <http://storm.fsv.cvut.cz/data/files/předměty/HYP/Trojuhel-diag-zmitost.gif>

Dalším, pro nás důležitým rozdělením, je dělení podle zpracovatelnosti. Hlavně v zemědělské praxi se podle tohoto kritéria půdy rozlišují následovně:

- Lehké – písčité a hlinitopísčité
- Střední – písčitohlinité a hlinité
- Těžké – jílovitohlinité, jílovité, jíly [Boul et al, 2011]

Lehké půdy obsahují do 20 % jílnatých částic a vyznačují se zejména malou soudržností, vododržností a snadným obděláváním. V důsledku slabého sorpčního komplexu může snadno dojít k odplavení živin.

Střední půdy obsahují jílnaté části v rozmezí 20–45 % a prach v rozmezí 40–60 %. Většina půd tohoto druhu vznikla na spraších. Vyznačují se příznivými fyzikálními vlastnostmi, dobrou vodní a vzdušnou kapacitou, intenzivní biologickou činností a optimálním uvolňováním živin.

Těžké půdy tvoří jílnaté částice z více než 45 %. Kvůli takto velkému obsahu jílu dochází ke zhoršování fyzikálních vlastností, zejména pak propustnosti pro vodu a vzduch. Biologická aktivita je nižší a rozklad organické hmoty pomalejší. Tento druh půd bývá také náchylnější k zamokření. [Hůla, Abrham, Bauer, 1997]

3.3.2 Měrná hmotnost půdy

Měrná hmotnost půdy závisí zejména na mineralogickém složení půdy a objemu organických látek, které obsahuje. Definujeme ji jako poměr hmotnosti pevné části půdy bez pórů k objemu. Z toho vychází, že měrná hmotnost se spočítá podle vzorce:

$$Z = \frac{m_z}{V_v} [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}] \quad (7)$$

Kde:

Z – měrná hmotnost půdy [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

m_z – hmotnost vysušené zeminy [kg]

V_v – objem pevné fáze [m^3]

Obecně platí, že minerální půdy mají měrnou hmotnost vyšší a to kolem $2,6\text{--}2,7 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot m^{-3}$. Na druhou stranu půdy s vyšším obsahem organických látek mají měrnou hmotnost menší, v krajních případech se může pohybovat kolem hodnoty $1,5 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot m^{-3}$. [Prax, Jandák, Pokorný, 1999]

3.3.3 Objemová hmotnost

Objemovou hmotnost půdy definujeme jako hmotnost určitého objemu půdy v přirozeném uložení. Dalo by se říct, že je dána její pórovitostí a mimo jiné je značně ovlivněná způsobem zpracování, ke kterému v zemědělství a lesnictví dochází.

Půdy menším podílem pórů mají vyšší objemovou hmotnost a opačně. Jílovité a hlinitojílovité půdy nabývají hodnot od 1 do $1,6 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot m^{-3}$, písčité a hlinitopísčité se pak pohybují v rozmezí $1,2\text{--}1,8 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot m^{-3}$. Dále platí, že čím níže se vrstva půdy nachází, tím vyšších hodnot objemová hmotnost nabývá, to je dáno utužeností těchto vrstev.

Objemovou hmotnost můžeme rozdělit na redukovanou a neredukovanou. Tyto dvě hodnoty se od sebe liší tím, že redukovaná se udává pro půdu o obsahu 100 cm^3 , která byla vysušena při $105 \text{ }^\circ\text{C}$. Objemovou hmotnost neredukovanou spočítáme podle vzorce:

$$\rho_v = m_t \cdot V_t^{-1} = (m_s + m_w + m_s) \cdot V_t^{-1} [\text{kg} \cdot m^{-3}] \quad (8)$$

Redukovaná objemová hmotnost se pak spočítá podle vzorce:

$$\rho_d = \frac{m_s}{V_t} [\text{kg} \cdot m^{-3}] \quad (9)$$

Kde:

ρ_v – objemová hmotnost neredukovaná [$\text{kg} \cdot m^{-3}$]

m_t – celková hmotnost půdy [kg]

V_t – celkový objem půdy [m^3, cm^3]

m_s – hmotnost pevné fáze půdy [kg]

m_w – hmotnost vody v pórech [kg]

m_a – hmotnost vzduchu v pórech [kg]

ρ_d – objemová hmotnost redukována [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$] [Fulajtár, Bičík. Cibulka, 2006]

3.3.4 Pórovitost

Mezi pevnými částicemi půdy se nachází volný prostor, který nazýváme póry. Těmi skrz půdu proudí voda, vzduch a přímo ovlivňují zvětrávací a půdotvorné procesy. Pórovitost nevyjadřuje jen celkový objem pórů, ale také jejich rozmístění a tvar. V půdách, kde se částice nachází velmi blízko u sebe (písky, jílovité půdy), je pórovitost nižší. Naopak v půdách, které obsahují vyšší množství organické hmoty, bude pórovitost vyšší. [Borůvka, 2005]

Většinou se počítá pomocí hodnot objemové a měrné hmotnosti půdy podle vzorce:

$$P = \frac{\rho_z - \rho_d}{\rho_z} \cdot 100 \quad (10)$$

Kde:

ρ_d – objemová hmotnost [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]

ρ_z – měrná hmotnost [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]

Podle Šarapatky [2014] jsou nejlepší podmínky pro pěstování kulturních rostlin při pórovitosti, která se pohybuje v rozmezí 55–60 %.

Velikost pórů přímo ovlivňuje jejich funkci, vodní a vzdušný režim a z tohoto hlediska je lze rozdělit takto:

- **Kapilární póry** měří v průměru maximálně 0,2 mm. Neumožňují výměnu vzduchu, omezují pohyb vody, ale zajišťují její vztlínání.
- **Nekapilární póry** měří v průměru více než 0,2 mm. Často bývají zaplněny vzduchem a propouští gravitační vodu ve velkém množství.

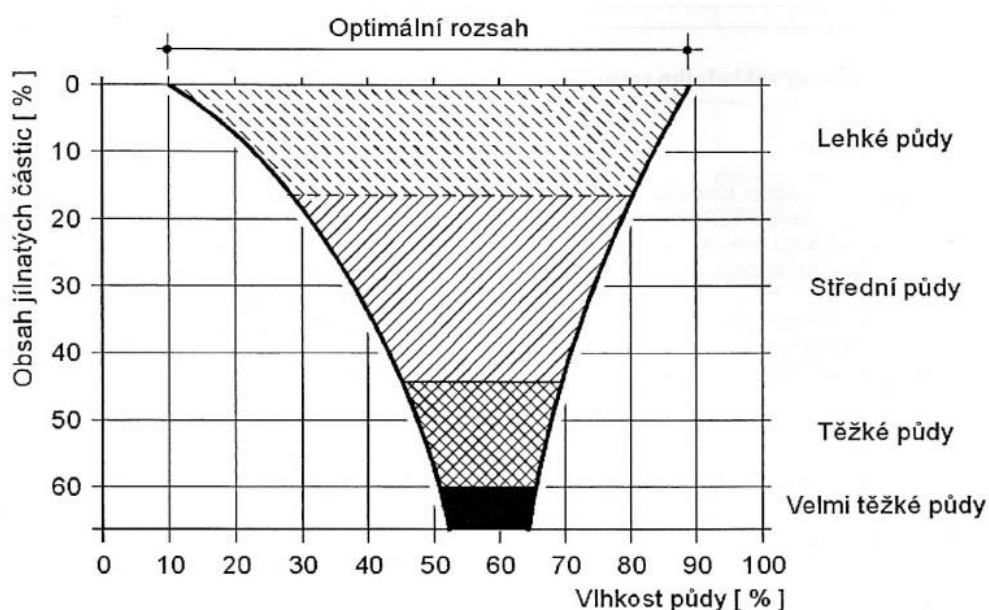
3.3.5 Vlhkost půdy

Podle Pokorného a Šarapatky [2003] se jedná o základní kvantitativní charakteristiku ve vztahu půdy a vody, která ovlivňuje, jak růst rostlin, tak život půdního edafonu. Vlhkost půdy rozlišujeme na:

- **Hmotnostní** – jedná se o poměr mezi hmotností vody v půdním vzorku k hmotnosti pevné fáze tohoto vzorku
- **Objemová** – jedná se o poměr objemu vody k objemu neporušeného půdního vzorku. Při bilancování zásoby půdní vody se pracuje spíše s touto vlhkostí.
- **Relativní vlhkost** – vyjadřuje poměr mezi objemovou vlhkostí k pórovitosti

Vlhkost půdy je velmi závislá na obsahu jílnatých částic a typu zpracování. Tuto závislost můžete vidět na následujícím obrázku číslo devět. [Šabatka, 2014]

Obrázek 9 Závislost vlhkosti půdy na obsahu jílnatých částic a typu zpracování



Zdroj: <http://agrice.blog.cz/1003/na-svateho-rehore>

3.3.6 *Vzduch v půdě*

Přibližně polovina objemu minerálních půd je tvořená póry. Vzduch vyplňuje ty póry, které nejsou zaplněny vodou. Provzdušněnost půdy má vliv na velké množství reakcí a vlastností. Jako příklad můžeme uvést mikrobiální rozklad organických zbytků. [Šantrůčková, 2014]

3.3.7 *Teplota půdy*

Teplota půdy ovlivňuje fyzikální, chemické i biologické procesy, které v půdy probíhají. Jako příklad můžeme uvést klíčení a růst rostlin.

Nejdůležitějším zdrojem tepelné energie je sluneční záření. Z celkové radiace je jen asi 10 % absorbováno půdou a vede k jejímu ohřívání. Zbytek je zachycen mraky, pevnými částicemi v ovzduší, spotřebován na evaporaci vody nebo je odražen zpátky do ovzduší. Absorbované množství je dále ovlivněno barvou půdy, sklonem terénu a množstvím vegetace, která půdu pokrývá. [Šimek, 2007]

3.3.8 *Soudržnost*

Soudržnost neboli kohezi definujeme jako vzájemné poutání půdních částic, které vzniká díky působení vnitřních sil. Je dána zrnitostním složením, strukturou agregátů, obsahem humusu a vlhkostí.

Jílovité půdy se vyznačují velkou soudržností, která se se zvyšujícím obsahem humusu a vody snižuje. Lehké půdy se naopak vyznačují soudržností malou a se zvyšujícím obsahem humusu a, do určité míry, i vody zvyšuje. [Pokorný, Šarapatka, 2003]

3.3.9 *Přilnavost*

Přilnavost neboli adheze je výsledkem působení sil, které vznikají mezi částicemi půdy a cizím tělesem. Přilnavost vzrůstá se zvyšujícím se obsahem koloidů a s vlhkostí. [Hůla, Procházková, 2008]

3.3.10 Tření půdy

Šarapatka [2014] tření definuje jako odpor snažící se zamezit smykovému pohybu, který vzniká mezi nerovnostmi dotykových ploch.

Můžeme jej rozdělit na tření vnější, které působí mezi půdou a cizím tělesem a tření vnitřní, které působí mezi jednotlivými půdními částicemi. Kvůli vnějšímu tření vzniká orební odpor, který je velmi důležitým parametrem v zemědělství. Jedná se o měrný odpor, který je nutné překonat při odříznutí, vyzdvižení, rozdrobení a převrácení skývy. Čím vyšší orební odpor je, tím energeticky náročnější je jeho překonání, to se samozřejmě projevuje na spotřebě paliva a tím i na ekonomické náročnosti. Odpor půdy se liší v závislosti na jejím druhu. Toto rozdělení můžete vidět v následující tabulce číslo dva.

Tabulka 2 Závislost odporu půdy na jejím druhu

Označení půdy	Měrný odpor půdy k_0 [kN·m ⁻²]
Velmi těžká	90-150
Těžká	60-90
Střední	40-60
Lehká	20-40

Zdroj: Šarapatka [2014]

3.3.11 Barva půdy

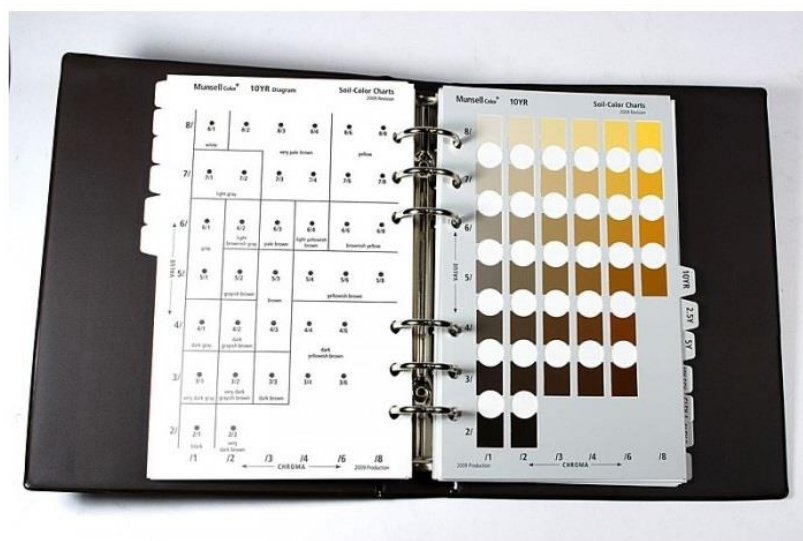
Podle Vopravila [2011] se zbarvení řadí mezi základní morfologické znaky, které slouží k popisu profilu a jeho dělení na jednotlivé půdní horizonty.

Barva půdy odráží poměrné zastoupení jednotlivých barevných součástí, mezi které patří:

- **Sloučeniny železa** – železité sloučeniny půdy zbarvují žlutě, hnědě a červeně.
- **Sloučeniny manganu** – zbarvují půdy hnědočerveně až nafialověle
- **Uhlíkatý vápenatý a kaolinit** – při vyšším obsahu zbarvují půdu bíle, šedě nebo žlutě
- **Křemen a jíly** – neurčité světlé zbarvení, které se projevuje nápadněji zbarvujících látek
- **Humus** – zbarvuje zejména povrchové vrstvy půdy, a to hnědě až černě

Barvu lze posuzovat subjektivně nebo lze použít Munsellovy tabulky, které obsahují 322 barevných polí sloužících k porovnání s odebraným vzorkem půdy. Každé pole vyjadřuje zbarvení, světlost a sytost půdy. Jak Munsellovy tabulky vypadají, můžete vidět na následujícím obrázku číslo deset.

Obrázek 10 Munsellovy tabulky



Zdroj: <https://www.atelierlatrouville.com/3979/la-charte-de-couleur-de-sols-munsell-soil-color.jpg>

3.4 Faktory ovlivňující úrodnost půdy

Úrodnost zemědělské půdy definujeme jako schopnost zajistit plodinám, které na ní rostou, optimální podmínky pro stálé a kvalitní sklizně. Jinak také můžeme říct, že půda musí zajistit vhodné prostředí, dostatek živin a vodu potřebnou k vývinu těchto rostlin. Mimo tyto vlastnosti je nutné udržovat takový stav, aby byla zajištěna existence mikro a makroorganismů. [Brady, Weill, 2002]

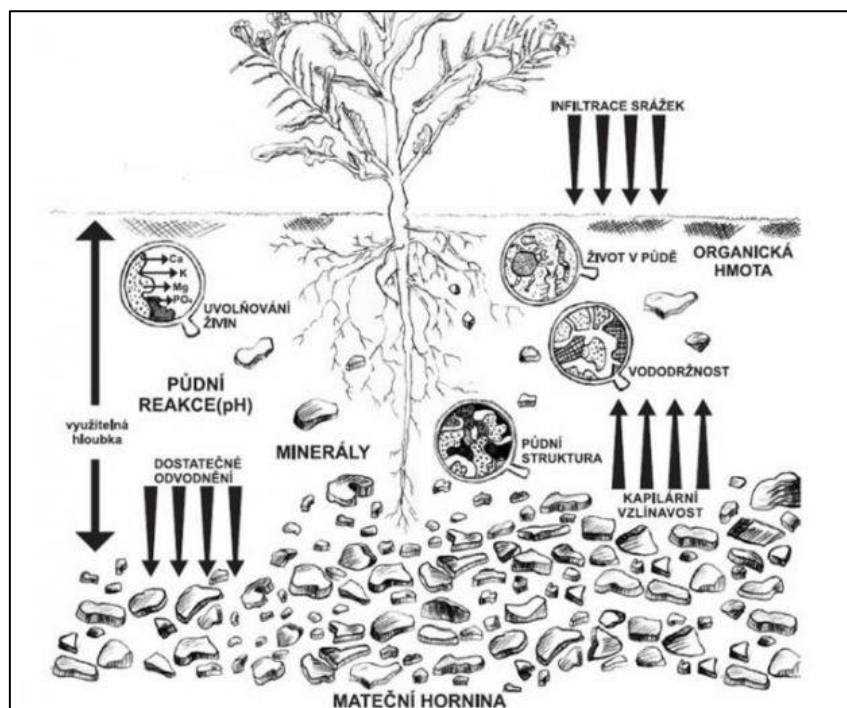
Úrodnost nelze charakterizovat jako jedinou veličinu, je to souhrn mnoha vlastností, které na sebe mají vzájemný vliv. Mezi značně proměnlivé patří například obsah vody, půdní reakce, obsah přístupných živin nebo teplota. Mezi vlastnosti, které se příliš nemění patří například zrnitostní složení půdy nebo její fyzikální vlastnosti. Řadu těchto vlastností je člověk schopen usměrňovat pomocí dobře zvolených agrotechnických, hnojařských a melioračních zásahů.

K nejdůležitějším faktorům, působícím na půdní úrodnost, patří:

- Složení půdy
- Hloubka ornice
- Hloubka podzemní vody
- Svahovitost terénu
- Povětrnostní podmínky
- Činnost člověka [Holubík. 2016]

Jednoduché schéma faktorů, které na úrodnost působí, můžeme vidět na následujícím obrázku s číslem jedenáct.

Obrázek 11 Faktory působící na úrodnost půdy



Zdroj: <http://www.agrics.cz/obrazky-soubory/faktory-6b01d.jpg>

3.5 Degradace půdy

Degradaci nazýváme takové procesy, při nichž dochází ke znehodnocování fyzikálních, chemických a biologických vlastností půdy. Jedním z nejvýznamnějších faktorů při takovýchto procesech je člověk. Jeho vliv na půdu může být buď technogenní nebo netechnogenní. Technogenní ovlivňování probíhá přímo a řadí se mezi něj například špatné obdělávání půdy, nevhodné meliorační opatření nebo pěstování monokultur. Netechnogenní vliv je na druhou stranu nepřímý a dochází k němu například pomocí chemických látek.

Znehodnocení půdy může být lokální, regionální nebo globální a probíhá v důsledku mnoha faktorů, které se vzájemně ovlivňují. Jeden faktor může vyvolat mnoho dalších reakcí, které mají na kvalitu půdy zásadní a často špatný vliv. Jako příklad můžeme uvést utužení podorničí, v jehož důsledku dochází k omezení infiltrace vody, která následně odtéká po povrchu, způsobuje vodní erozi a odnáší s sebou důležité organické látky.

Nejzávažnějšími typy degradace jsou:

- Vodní eroze
- Větrná eroze
- Utužení půdy
- Ztráta půdní organické hmoty
- Acidifikace
- Zasolení půd
- Znečištění půdy anorganickými a organickými látkami [Voltr, 2011]

3.5.1 Vodní eroze

Vodní eroze může být přirozená, ta je v průběhu lidské generace téměř nepozorovatelná a v průběhu historie přetváří tvar území. Eroze, která představuje problém, je eroze zrychlená, způsobená antropogenní činností. Ta vede k degradaci půdy a může způsobit až celkovou devastaci krajiny. Její vznik je způsoben například zanášením závlahových soustav nebo odlesňováním. Není žádným tajemstvím, že eroze je celosvětově nejvýraznějším degradačním faktorem a na území ČR jí je ohroženo až 50 % zemědělské půdy. Její negativní účinek spočívá zejména v odnášení 5-15 cm nejúrodnější části půdy, tedy ornice. Pokud

k tomuto jevu dojde, výnosy plodiny mohou klesnout o 15-30 %. Kromě toho se mění i struktura, textura nebo se zmenšují infiltrační schopnosti. Eroze se nemůžeme zcela zbavit, dá se však omezit.

Jako protierozní opatření se uplatňuje například zlepšení půdní struktury dodávkou organické hmoty, správný osevní postup, protierozní agrotechnika jako vrstevnicové obdělávání nebo brázdování, křovinaté pásy nebo rozdělení erozně ohrožených pozemků a tím zkrácení délky svahu. [Hůla, Kovarčík, Kroulík, 2010]

Příklad toho, jak vodní eroze vypadá, můžete vidět na následujícím obrázku číslo dvanáct.

Obrázek 12 Vodní eroze



Zdroj: https://aa.ecn.cz/img_upload/e6ffb6c50bc1424ab10ecf09e063cd63/fotografie0259.jpg

3.5.2 Větrná eroze

Zrychlená větrná eroze se vyskytuje zejména v oblastech, kde jsou písčité a hlinité půdy. Stejně jako vodní eroze ovlivňuje výnosy pěstovaných plodin. Při středním intenzitě se jedná o pokles 15–20 %, při silné až o 50 %. Udává se, že tímto druhem eroze je v ČR ohroženo kolem 10 % půd.

Pokud chceme větrné erozi předcházet, je třeba zvýšit vlastní odolnost půdy a snížit rychlost větru. Toho se dá docílit například pomocí větrolamů, pěstováním rostlin s různou výškou nebo mulčováním. [Šarapatka. 2014]

3.5.3 *Utuzení půdy*

Utuzení půdy, jinak také pedokompakce, je jev, při kterém dochází ke změnám fyzikálních vlastností půdy, jako jsou objemová hmotnost, pórovitost, schopnost infiltrace nebo snížení retenční kapacity. [Ball, Parker, Scott, 1999] Podle odhadů je v Evropě utužením poškozeno přes 30 milionů hektarů, v České Republice je to potom kolem 50 % zemědělské půdy.

Pedokompakce se dělí na přirozenou a ovlivněnou lidskou činností. Přirozená vzniká půdotvornými procesy a tvoří přibližně 30 % z celkové hodnoty. Zbytek tvoří utužení antropogenní, které je způsobeno zejména používáním těžkých mechanizačních prostředků. Tlak, který přesahuje hodnotu 80kPa, poškozuje půdní prostředí. Tlak přesahující 150 kPa potom poškozuje i podorničí. Půdy, které kompakci nejhůře odolávají, jsou půdy těžké. [Larson, Clyma, 1995] Ty v České Republice zabírají přibližně 8 % z celkové rozlohy.

Utuzení lze omezit například správným osevním postupem, optimálním hnojením a vápněním, vhodným užitím techniky při optimální vlhkosti, omezením přejezdů po pozemku nebo používáním flotačních pneumatik.

3.5.4 *Ztráta půdní organické hmoty*

Dle Janečka [2007] organická hmota v půdě představuje zásobárnu energie a živin, stabilizuje půdní strukturu, má vliv na retenci vody atd. Zejména v posledních desetiletích se však, hlavně v důsledku intenzivního zemědělství, z půdy vytrácí. V přirozeném prostředí se organická hmota do půdy vrací, v agrosystémech obhospodařovaných člověkem však velká část biomasy prostředí opouští.

Mezi hlavní příčiny úbytku organický hmot patří změna využití půdy například po vykácení lesa nebo rozorání louky, vliv vodní a větrné eroze, nedostatečný vstup organické hmoty do půdy a nevhodná kultivace.

3.5.5 *Acidifikace*

Acidifikaci můžeme do češtiny přeložit jako okyselování. Často je spojována s kyselými deště a stejně jako předchozí druhy degradace, i acidifikace může být přirozená nebo

vyvolaná antropogenní činností. Mezi přirozenými procesy stojí za zmínku například podzolizace. Mezi antropogenně ovlivněné pak řadíme kyselou atmosférickou depozici a vstup kyselých hnojiv. Rychlost acidifikace ovlivňuje zejména množství vstupních kyselých látek a pufrční kapacita půdy.

Omezit acidifikaci můžeme například díky snížení kyselých vstupů, pravidelnému střídání plodin s omezením monokultur. Optimalizace pH bude probíhat i při pravidelné dodávce vápenatých hmot do půdy. [Hauptman et al, 2009]

3.5.6 *Zasolení půd*

V ČR tento problém není závažný, to samé však nemůžeme říct, pokud budeme mluvit o půdě v celosvětovém měřítku. V přírodních podmínkách zasolení vzniklo v důsledku vysokého obsahu ve vodě rozpustných solí, a to zejména v mineralizované podzemní vodě. Nahrazení přirozené vegetace zemědělskými kulturami vede k tzv. sekundárnímu zasolení. Mezi to dále patří například aplikace nekvalitní závlahové vody, solení komunikací a v menší míře také nadměrné užívání minerálních hnojiv. [Šarapatka, 2014]

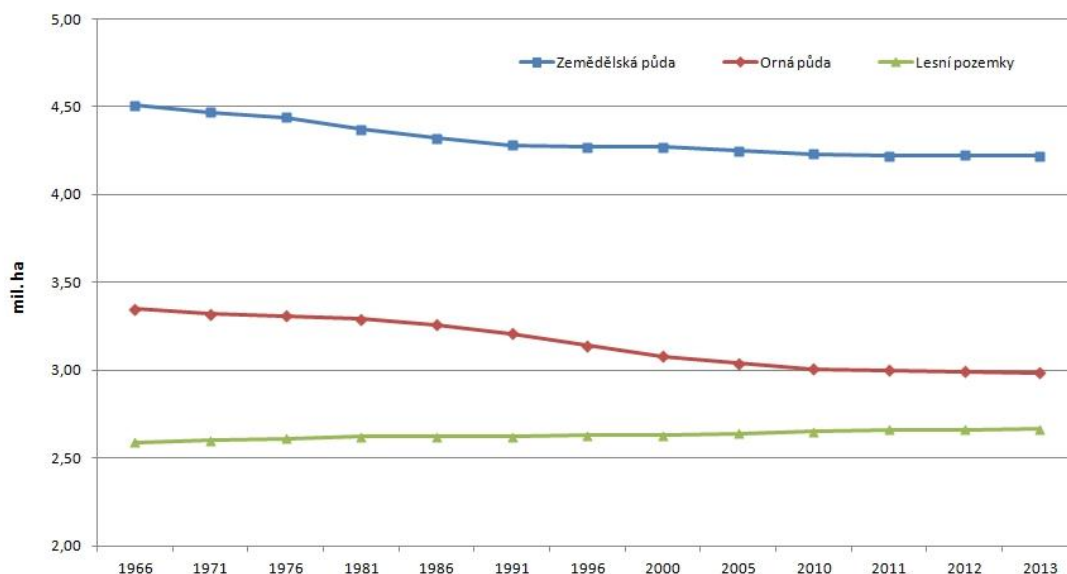
3.5.7 *Znečištění půdy anorganickými a organickými látkami*

Kontaminace je závažným problémem hlavně několika posledních desetiletí. Živé organismy potřebují pro svůj život malá množství stopových prvků. Jejich nadbytek však pro ně bývá velice škodlivý. Emise těchto prvků do půdy je velmi často spojována s činností starších chemických továren. Mezi nejrizikovější prvky patří těžké kovy. [Voltr, 2011]

3.5.8 *Zastavování zemědělské půdy*

V tomto případě se nejedná o degradaci půdy. Výstavba nových budov a objektů je dnes však natolik intenzivní, že výše zmíněné problémy často, co se rozlohy týká, překoná. Velkým problémem je například výstavba nových skladišť a obchodních center v okolí Prahy. Orná půda je nenahraditelná a tímto způsobem o velkou část z ní zbytečně přicházíme. [Spilková, Šefrna, 2010] Vývoj rozlohy zemědělské a orné plochy společně s lesními pozemky můžete vidět na následujícím obrázku číslo třináct.

Obrázek 13 Vývoj rozlohy orné půdy



Zdroj: http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=pudni_fond_cr&site=puda

3.6 Statková hnojiva

Jsou to taková hnojiva, jejichž hlavní složka je tvořena organickými látkami. Jako příklad můžeme jmenovat sacharidy, lignin, aminokyseliny nebo celulózu. Jedná se o látky jak rostlinného, tak živočišného původu, které nelze nijak jinak nahradit. Jejich účel spočívá zejména v tom, že se z nich tvoří humus a zásoba živin.

Vyznačují se nízkou koncentrací živin, a proto se používají v rádech tun až desítek tun na hektar. Jejich velkou výhodou je, že jimi do půdy vracíme velkou část plodin odebraných při pěstování rostlin.

Kromě dodávky živin pomáhají taky k lepším sorpčním vlastnostem nebo k lepšímu jímání vody, což je důležité zejména v období sucha. Pozitivně ovlivňují například i ionto-výměnné procesy.

Velkým problémem je značný pokles stavů zemědělských zvířat. S počtem zvířat samozřejmě klesá i objem vyprodukovaných hnojiv, a proto se dnes ve velkém užívají hlavně hnojiva průmyslová. [Mikula, 1998]

3.6.1 *Chlévský hnůj*

Jako chlévský hnůj označujeme zfermentovanou chlévskou mrvu, kterou tvoří tuhé a tekuté výkaly hospodářských zvířat společně s podestýlkou a zbytky krmiva. Fermentace je složitý biochemický proces, na který má vliv přístup kyslíku, vlhkost a teplota. Má pomoci uchovat co největší množství živin a organických látek. Pokud se o chlévskou mrvu dobře staráme, ztráty organické hmoty se pohybují kolem 25 %.

Složení hnoje se různí a má na něj vliv zejména druh zvířete, jeho stáří, krmení, druh steliva a počet zvířat ustájených ve stáji.

Dobře vyžralý hnůj má být starý 3 až 4 roky a poznáme ho podle tmavé barvy. Aplikuje se v množství přibližně 30–35 t·ha⁻¹ a je nutné, ho co nejdříve po aplikaci do půdy zapravít orbou. V dnešní době se jedná o nejpoužívanější statkové hnojivo. [Mikula, 1998]

3.6.2 *Kejda*

Jedná se o směs tekutých a tuhých výkalů hospodářských zvířat, které jsou zředěny vodou a následně částečně prokvašeny. Na rozdíl od chlévského hnoje kejdu získáváme z bezstelivových chovů. Důležitým kvalitativním ukazatelem je obsah sušiny, který se liší podle druhu zvířete. Složení, stejně jako u hnoje, ovlivňuje druh zvířete, krmení a množství vypité vody. Nezanedbatelným faktorem je také způsob odklizení a uchovávání výkalů.

Kejda se používá k přímému hnojení orné půdy nebo travního porostu. Pro lepší využití živin je dobré, kombinovat kejdu se zaoráním slámy nebo se zeleným hnojením. [Mikula, 1998]

3.6.3 *Močůvka*

Močůvka je prokvašená moč hospodářských zvířat smíchaná s napájecí, splachovací, dešťovou a povrchovou vodou. Oproti chlévskému hnoji a kejdě obsahuje malé množství

organických látek. Na její složení má vliv druh hospodářských zvířat, množství moči, krmení, stelivo a způsob ošetření.

Močůvku je vhodné používat při pěstování rostlin, které jsou náročné na dusík a draslík. [Baier, 1974]

3.7 Průmyslová hnojiva-PRP Technologies

Průmyslová hnojiva jsou uměle vyrobené přípravky sloužící k dodávání živin do půdy. Nejčastěji se používají k dodání dusíku, fosforu a draslíku. Můžeme je rozdělit na jednosložková, která, jak název napovídá, dodávají pouze jednu účinnou látku nebo více-složková, která obsahují látek více. Mezi jednosložková řadíme například síran amonný nebo močovinu. Nejznámějším vícesložkovým hnojivem je potom NPK.

3.7.1 PRP Technologies

V 60. letech minulého století založil agronom Roland Pigeon základ metody pro stimulaci mikrobiologických procesů pomocí specifických minerálních solí.

PRP Technologies je původem Francouzská firma, která vznikla roku 1971 a tuto metodu se rozhodla využít při výrobě biostimulantů sloužících ke zlepšení vlastností půdy a rostlin v zemědělství. Výrobní sídlo firmy se nachází v Bretani a v dnešní době se její produkty dodávají do deseti států Evropy a několika států Jižní Ameriky.

Společnost nabízí mnoho produktů, mezi které patří například:

- PRP NEOSOL – aktivátor vitálních funkcí půdy
- EXPLORER – biostimulant
- PRP EBV – dříve používaný přípravek, jehož inovací vznikly AGROPTIM ZENITH a AGROPTIM SUNSET
- AGROPTIM ZENITH – fyziologický stimulátor vegetativních funkcí rostlin
- AGROPTIM SUNSET – fyziologický stimulátor vegetativních funkcí rostlin
- Z DRY – dezinfekční přípravek sloužící k vysoušení podestýlek a podlah ve stájích

- Z FIX – aktivátor biologické transformace statkových hnojiv

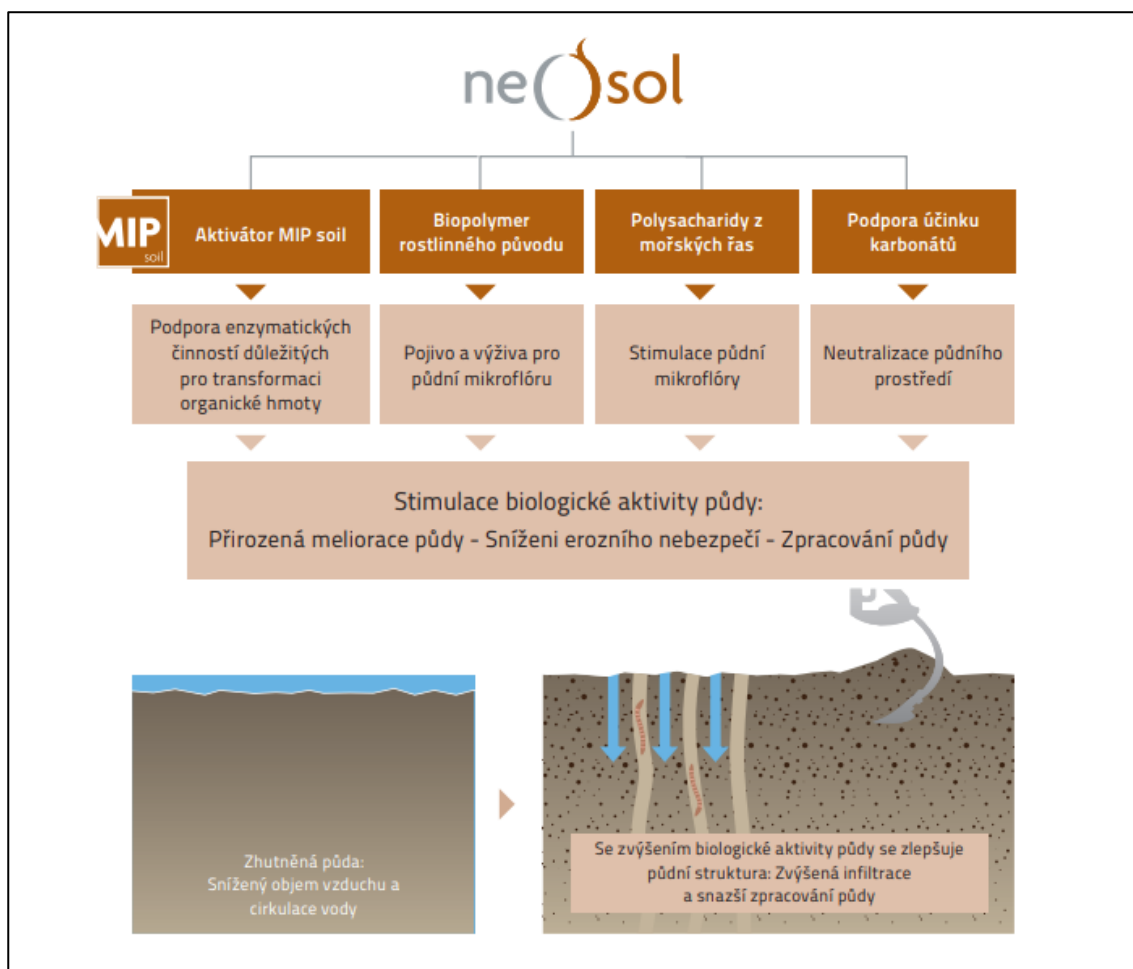
3.7.2 PRP NEOSOL

Jedná se o přípravek, který vznikl inovací, dříve používaného aktivátoru, PRP SOL. Základ přípravku NEOSOL tvoří matrice z uhličitanu vápenatého, uhličitanu hořečnatého a z příslušných minerálních prvků MIP. Produkt je dohromady spojen rozpustným pojidlem rostlinného původu, lignosulfonátem.

Výrobce uvádí, že přípravek je vhodný pro všechny druhy půd a zpracování půdy, přičemž nejvyšší účinnost doceníme při pěstování okopanin a víceletých plodin. Vhodný je i pro trvalé travní porosty.

Přípravek by měl pozitivně ovlivňovat zejména půdní strukturu, infiltraci vody a retenci vody v půdě. Pro lepší představu, jak PRP NEOSOL funguje, poslouží následující obrázek číslo čtrnáct.

Obrázek 14 Jak funguje PRP SOL



Zdroj: <http://elita.testujeme.cz/file/6519/informacni-letak-neosol.pdf>

Podle studie Soil Quality Database je po aplikaci PRP NEOSOL půda aktivnější, lépe strukturovaná, dochází v ní k lepší transformaci organické hmoty a pro její zpracování je potřeba méně energie. Porosty po aplikaci rychleji zakořeňují, vzcházejí, mají bohatší kořenový systém a porost je vyrovnanější

Pro aplikaci tohoto přípravku se používají klasická rozmetadla na minerální hnojiva. Optimální je aplikace na strniště po obilovinách, řepce, kukuřici nebo po sklizni rostlin, které po sobě zanechávají rostlinné zbytky. Pokud není možné provést aplikaci po sklizni na strniště, můžeme provést hnojení před setím nebo při setí pod patu.

Doporučené dávkování se liší podle druhu půdy, plodiny a způsobu zpracování půdy. Dávku, kterou uvádí výrobce si můžete prohlédnout v následující tabulce s číslem tři.

Tabulka 3 Doporučené dávkování PRP SOL

Typ plodiny	Dávkování [kg·ha ⁻¹]
Hustě seté plodiny	120-150
Kukuřice	100
Cukrovka, brambory	150-200
Trvalé kultury	250-350

Zdroj: Příbalový leták eagri

3.7.3 Z FIX

Jedná se o granulát na bázi vápenatých a hořečnatých uhličitánů s příměsí draslíku, sodíku, síry, železa a manganu, který slouží k regulaci kvasných procesů ve statkových hnojivech a kompostech.

Výrobek je certifikován k použití v ekologickém zemědělství a může být aplikován i za přítomnosti zvířat.

Přípravek lze použít do jímek s kejdou nebo přímo na rošty. Jeho použití by, podle výrobce, mělo vést k větší čistotě zvířat, snížení četnosti odklizení statkových hnojiv, poklesu emisí pachových látek a dráždivých plynů a v neposlední řadě také k lepšímu zhodnocení živin ve statkových hnojivech.

Dávkování přípravku Z FIX pro jednotlivá zvířata můžeme vidět v následující tabulce číslo čtyři. Hodnoty dávkování jsou dány výrobcem.

Tabulka 4 Dávkování přípravku Z FIX

Zvíře	Typ zvířete	Dávka
Krávy	Laktující s telaty	1 kg·ks ⁻¹ ·týden ⁻¹
	Dojnice	0,8 kg·ks ⁻¹ ·týden ⁻¹
	Ostatní	0,1 kg·100 kg živé hmotnosti ⁻¹ ·ks ⁻¹ ·týden ⁻¹
Prasata	Kanci, březí prasnice	1 kg·ks ⁻¹ ·měsíc ⁻¹
	Odstav	0,5 kg·ks ⁻¹ ·měsíc ⁻¹
	Výkrm	1 kg·ks ⁻¹ ·doba výkrmu ⁻¹
Ovce, kozy	Ovce, kozy	0,12 kg·ks ⁻¹ ·týden ⁻¹
Koně	Dospělý tažný	1 kg·ks ⁻¹ ·týden ⁻¹
	Sportovní	0,8 kg·ks ⁻¹ ·týden ⁻¹
	Ostatní	0,1 kg·100 kg živé hmotnosti ⁻¹ ·ks ⁻¹ ·týden ⁻¹
Drůbež	Brojleři	300 kg pro halu 800 m ² a dobu výkrmu
	Kuřice na hluboké podest.	800 kg pro halu 800 m ² a dobu odchovu
	Nosnice na hluboké podest.	1000 kg pro halu 800 m ² a dobu chovu
	Krocán, krůta	750 kg pro halu 800 m ² a dobu chovu

Zdroj: Firemní literatura PRP Technologies

4 Praktická část práce

4.1 Zemědělská společnost Sloveč, a.s.

Měření hodnot k této diplomové práci probíhalo na pokusném poli Zemědělské společnosti Sloveč. Společnost byla založena roku 1996 a její pozemky se nachází v okolí Městce Králové.

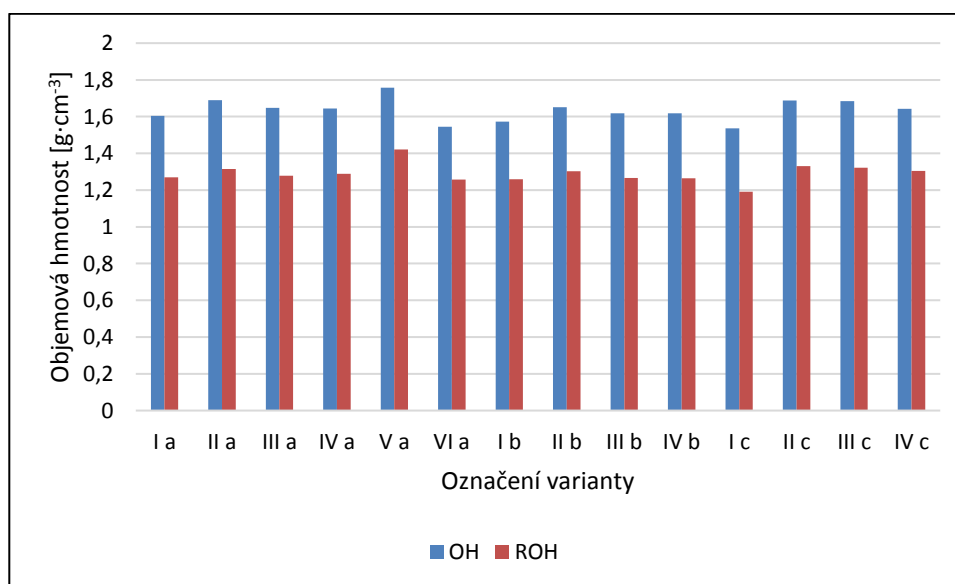
ZS Sloveč, a.s. se zaměřuje na pěstování tradičních plodin jako ozimá pšenice, ozimý ječmen, jarní ječmen, ozimá řepka, kukuřice, vojtěška a cukrová řepa. Kromě těchto plodin se, podle situace na trhu, pěstuje také sója, mák nebo kmín.

4.2 Objemová hmotnost a redukovaná objemová hmotnost

V následujících grafech číslo jedna a dva můžeme vidět, jak vysoká byla objemová hmotnost suché půdy (objemová hmotnost redukovaná) a objemová hmotnost půdy vlhké.

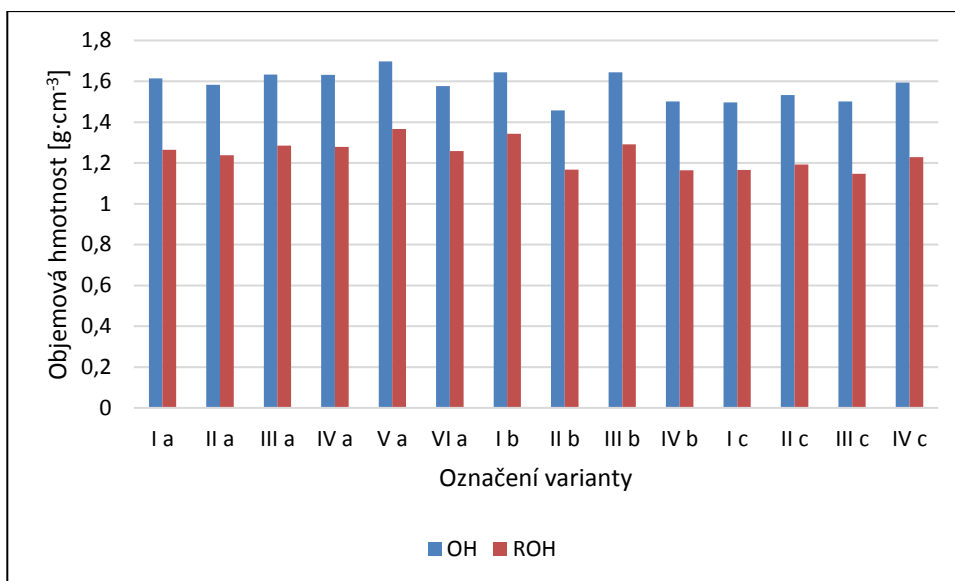
V roce 2016 byla nejvyšší objemová hmotnost naměřena ve variantě V a, nejmenší objemová hmotnost byla naměřena ve variantě s označením I c. OH i ROH jsou však velice podobné.

Graf 1 Výsledky měření OH a ROH v roce 2016



V roce 2017 byla nejvyšší objemová hmotnost opět naměřena ve variantě V a, jedná se o variantu hnojenou přípravkem SOL a NPK. Nejmenší objemovou hmotnost měla varianta I b, která je hnojena prasečí kejdou společně s přípravkem FIX a NPK.

Graf 2 Výsledky měření OH a ROH v roce 2017



4.3 Penetrační odpor

V této kapitole jsou popsány jednotlivé varianty půdních pokusů. Tyto varianty byly naměřeny ve třech datech a můžeme v nich pozorovat změny penetračního odporu naměřeného penetrometrem. První měření proběhlo 12.4. 2016, druhé 9.8. 2016 a třetí 31.3. 2017.

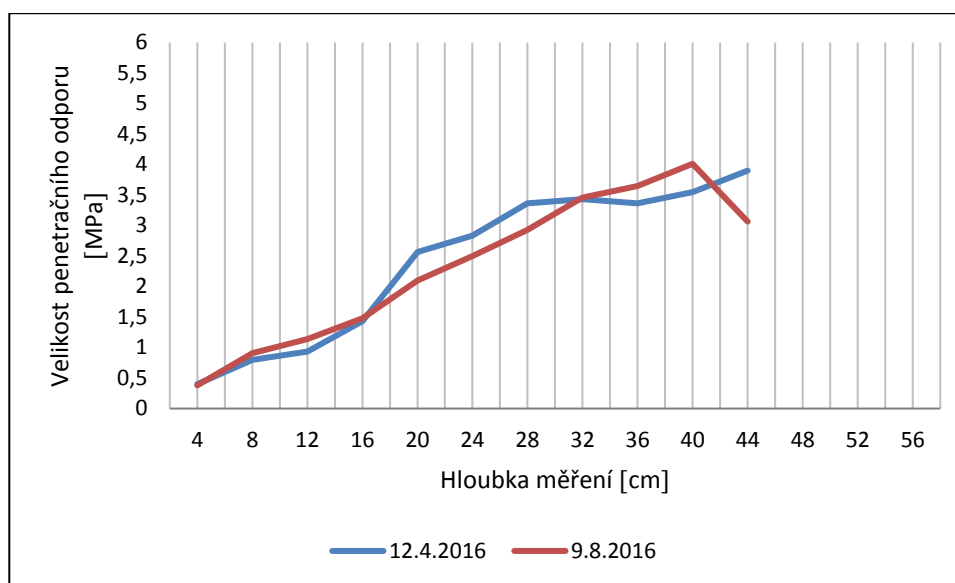
Ve variantách I a, II a, III a se v termínu 31.3. 2017 nepodařilo naměřit penetrační odpor půdy. Z tohoto důvodu budou v těchto variantách zohledněny pouze naměřené hodnoty z roku 2016.

Penetrační odpor je velmi ovlivněn půdní vlhkostí. Při každém měření panovalo jiné počasí, a proto typ následujících grafů není příliš vypovídající, pokud chceme odpor v jednotlivých měřeních porovnávat mezi sebou. Na grafech je však názorně vidět, jak se penetrační odpor mění v jednotlivých hloubkách. Relativní změnu penetračního odporu vůči kontrolní variantě VI a můžeme vidět v kapitole 4.4.

4.3.1 Varianta I a

Na grafu číslo tři můžeme vidět naměřené hodnoty z varianty s označením I a. Tato varianta byla hnojena kravským hnojem se Z FIX a NPK. Bohužel při měření, které proběhlo 31.3., se nepodařilo penetrační odpor naměřit. Měření v obou případech proběhlo do hloubky 44 cm. Z grafu můžeme vyčíst, že ve 4 cm se penetrační odpor neliší a jeho hodnota postupně narůstá.

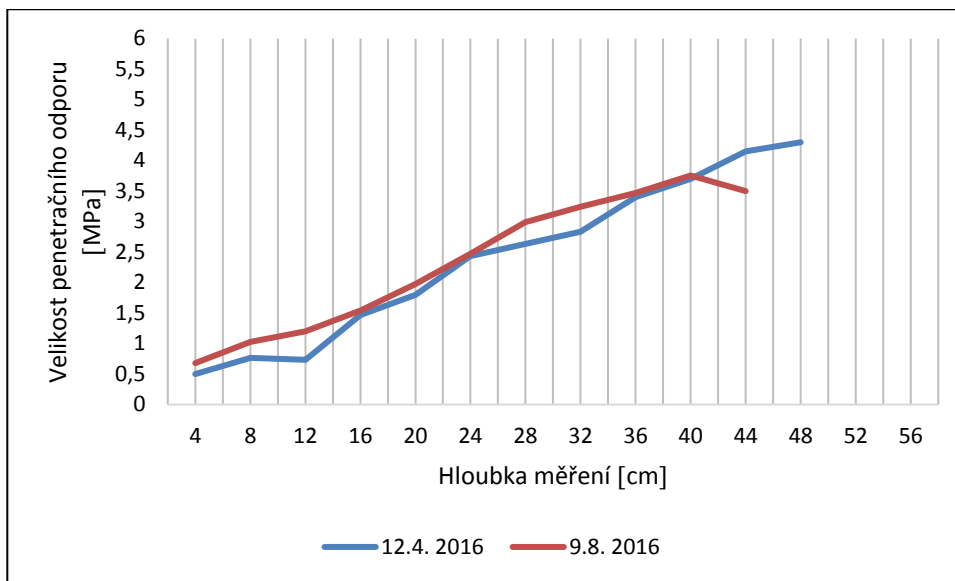
Graf 3 Penetrační odpor varianta I a



4.3.2 Varianta II a

Ve variantě s označením II a byl k hnojení opět použit kravský hnůj se Z FIX společně s NPK. Navíc však byl aplikován přípravek PRP SOL. Naměřené výsledky můžeme vidět na grafu číslo čtyři. Při měření, které proběhlo 31.3., se nám však opět nepodařilo penetrační odpor naměřit. V grafu můžeme vidět, že druhé měření začíná na vyšší hodnotě a postupně se zvyšuje. Obě měření mají velice podobný průběh a v hloubce 16 cm, 24 cm a 36 cm se jejich naměřené hodnoty shodují. Nejvyšší rozdíl mezi měřeními je v hloubce 12 cm a 32 cm a to přibližně 0,5 MPa.

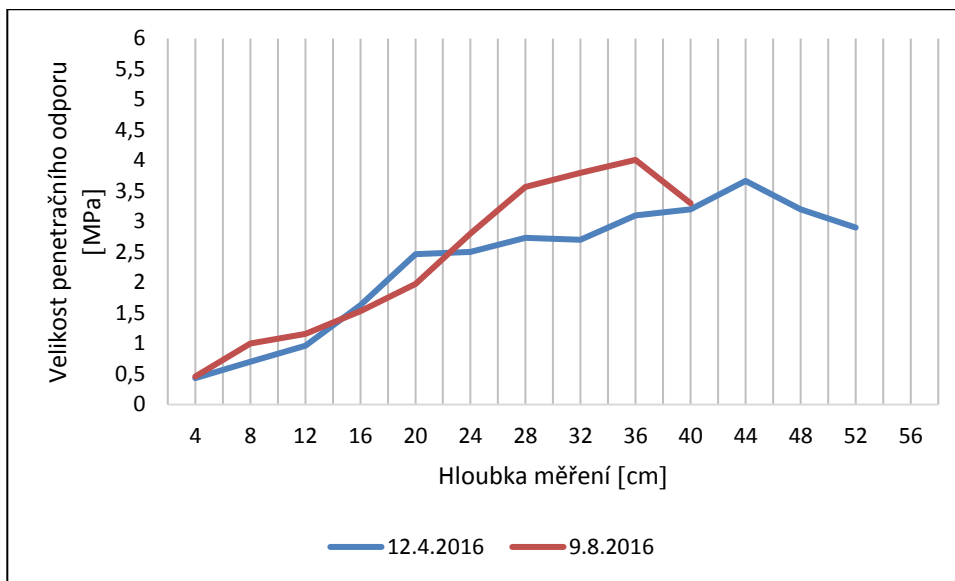
Graf 4 Penetrační odpor varianta II a



4.3.3 Varianta III a

V této variantě byl k hnojení použit pouze kravský hnůj společně s NPK. Stejně jako v předchozích variantách se 31.3. 2017 nepodařilo penetrační odpor naměřit. Naměřené hodnoty můžeme vidět v grafu číslo pět. Při měření, které proběhlo 12.4., se podařilo změřit penetrační odpor až do hloubky 52 cm. Obě měření začínají na stejné hodnotě a až do hloubky 24 cm mají přibližně stejný charakter narůstání. Od 24 cm však u druhého měření odpor strmě stoupá a v hloubce 36 cm začíná klesat. Ve 40 cm se obě hodnoty opět téměř shodují, u prvního měření však odpor stále roste a klesat začíná až v hloubce 44 cm.

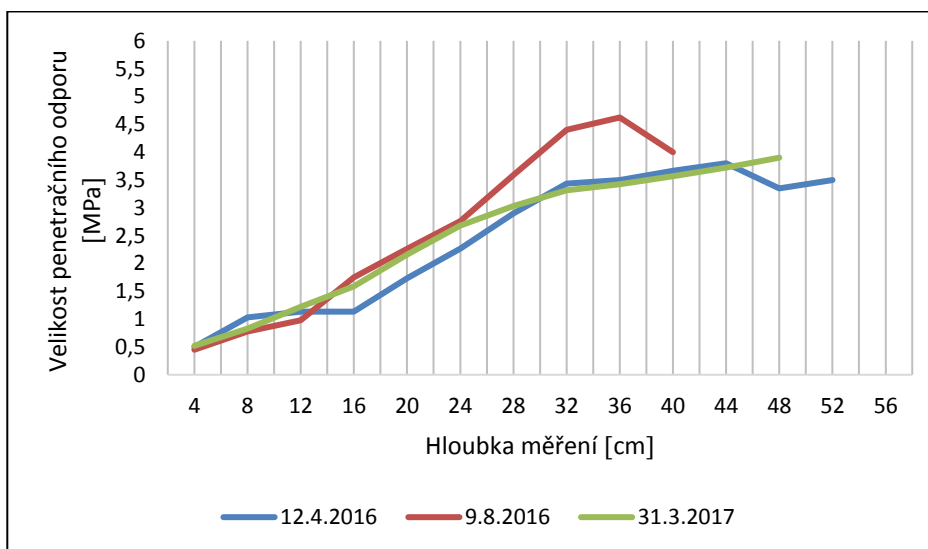
Graf 5 Penetrační odpor varianta III a



4.3.4 Varianta IV a

Tato varianta byla hnojena kravským hnojem společně s přípravkem PRP SOL a NPK. Na rozdíl od předchozích variant proběhlo v termínu 31.3. měření penetračního odporu úspěšně. Z následujícího grafu číslo šest je viditelné, že všechna měření začínají na přibližně stejné hodnotě. Průběh druhého a třetího měření je téměř stejný až do hloubky 24 cm, kde dochází ke strmému nárůstu červené křivky, která takto stoupá až do hloubky 36 cm. Oproti dvěma ostatním měřením je její maximální hodnota přibližně o 0,8 MPa vyšší.

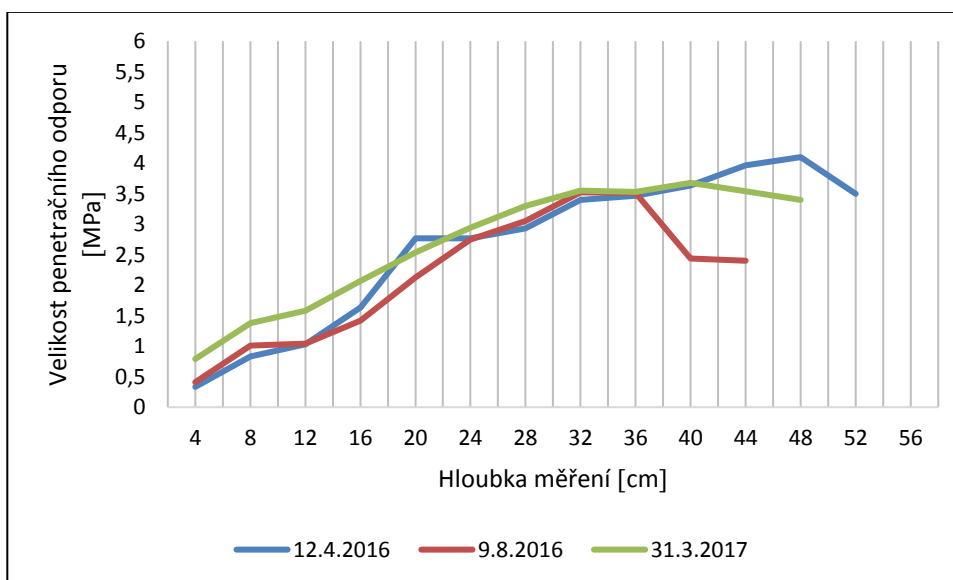
Graf 6 Penetrační odpor varianta IV a



4.3.5 Varianta V a

Varianta s označením V a nebyla hnojena kravským hnojem, ale bylo na ni použito hnojivo NPK společně s přípravkem PRP SOL. Z následujícího grafu číslo sedm je patrné, že penetrační odpor začíná při každém měření na jiné hodnotě. Nejvyšší odpor byl naměřen 31.3. 2017 a to téměř 0,8 MPa. Všechny tři křivky mají rozdílný průběh a jejich hodnoty se shodují pouze v hloubce 36 cm, kde má jejich odpor hodnotu přibližně 3,5 MPa. Od tohoto bodu druhá křivka prudce klesá a její odpor naměřený v hloubce 44 cm má hodnotu pouze 2,4 MPa. První křivka, oproti tomu, až do 48 cm strmě stoupá a začíná klesat až při hodnotě 4,1 MPa. U prvního měření se také povedlo naměřit odpor do největší hloubky a to 52 cm.

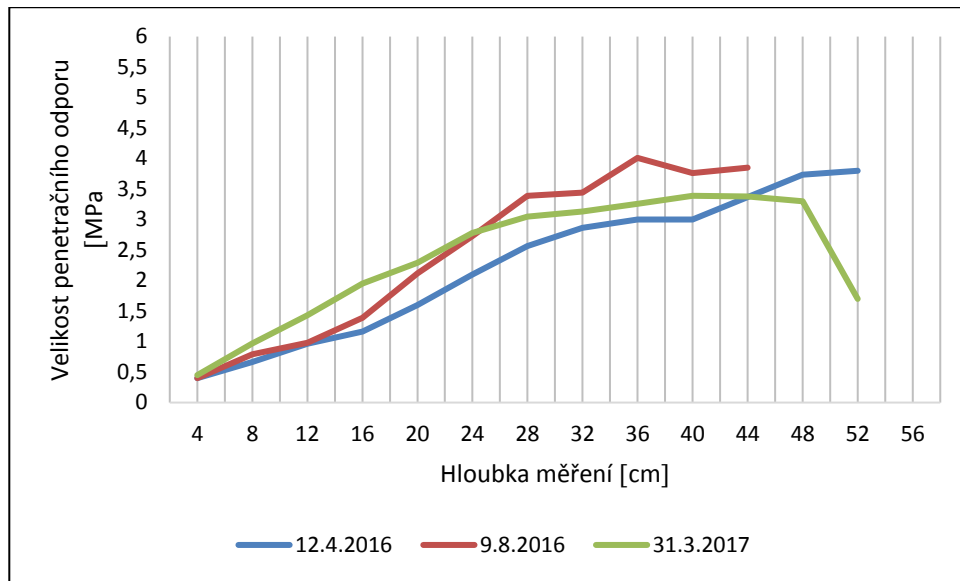
Graf 7 Penetrační odpor varianta V a



4.3.6 Varianta VI a

Tato varianta byla hnojena pouze průmyslovým hnojivem NPK a představuje variantu kontrolní. Z grafu číslo osm lze vyčíst, že všechny tři varianty měření opět začínají na přibližně stejné hodnotě 0,5 MPa. Nejvyšší odpor, který odpovídá přibližně hodnotě 4 MPa, jsme naměřili při druhém měření, a to v hloubce 36 cm. První a třetí měření se povedlo provést až do hloubky 52 cm. Hodnota odporu v této hloubce se však výrazně liší. Při prvním měření odpor odpovídá hodnotě 3,8 MPa, při třetím pak hodnotě 1,7 MPa.

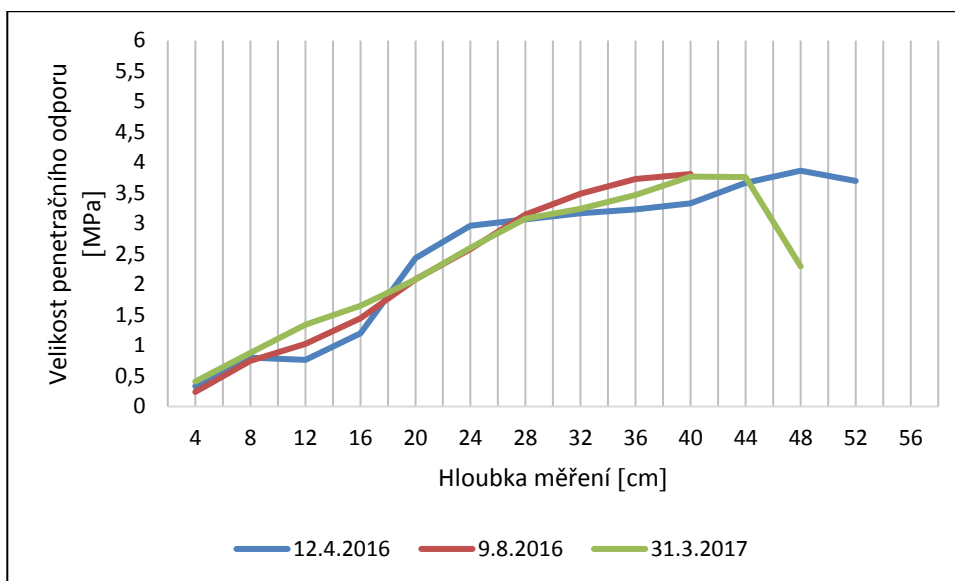
Graf 8 Penetrační odpor varianta VI a (kontrola)



4.3.7 Varianta I b

V této variantě byla použita prasečí kejda s přípravkem Z FIX a NPK. Z grafu číslo devět můžeme vyzorovat, že druhé a třetí měření má téměř stejný průběh a jejich maximální hodnota je také téměř stejná. Naměřili jsme ji v hloubce 40 cm a je rovna přibližně 3,8 MPa. První měření má však průběh naprosto odlišný. Až do hloubky 18 cm jsou hodnoty odporu pod zbývajícimi křivkami, mezi 18 až 28 cm je hodnota odporu vyšší než u dalších dvou měření a v hloubce 32 cm opět pod tyto křivky klesá. První měření se také podařilo provést do největší hloubky 52 cm.

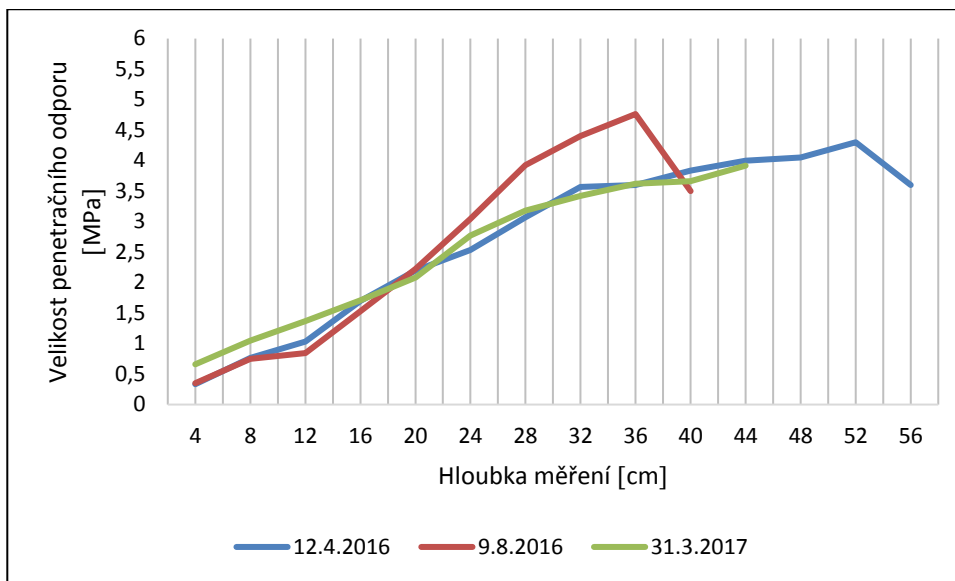
Graf 9 Penetrační odpor varianta I b



4.3.8 Varianta II b

U této varianty byla k hnojení použita prasečí kejda se Z FIX, přípravek PRP SOL a minerální hnojivo NPK. Na grafu číslo deset můžeme pozorovat, že nejvyšší odpor byl naměřen při druhém měření, a to v hloubce 36 cm. Odpor měl velikost téměř 4,8 MPa. Dále z grafu můžeme vyzorovat, že třetí měření začíná na vyšší hodnotě odporu než měření první, v hloubce 16 cm se však jejich hodnoty srovnávají a až do hloubky 44 cm, kam se nám odpor při třetím měření podařilo zjistit, jsou jejich hodnoty téměř stejné. Oproti zbývajícím dvěma variantám se nám u třetího měření podařilo odpor naměřit o 12, respektive 16 cm hlouběji, a to až do hloubky 56 cm.

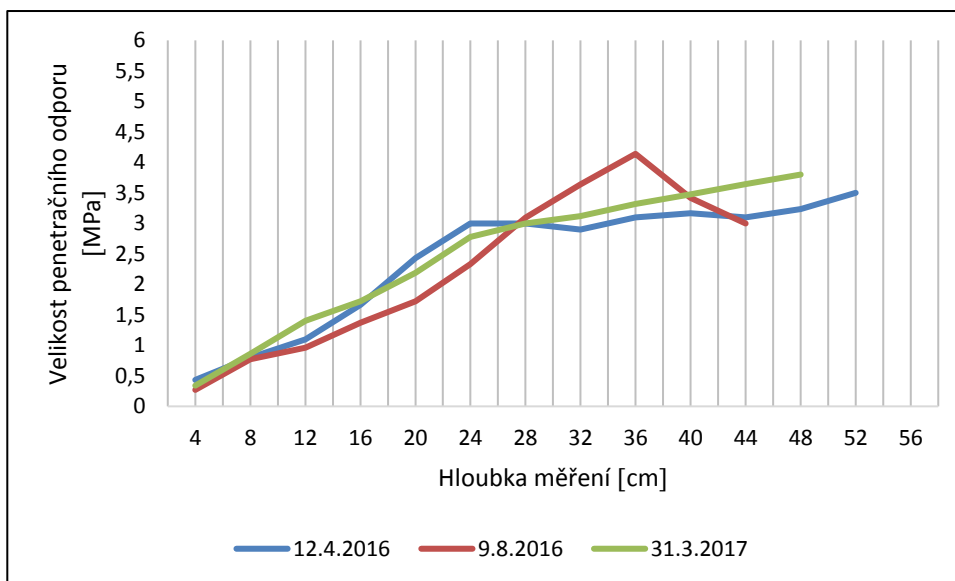
Graf 10 Penetrační odpor varianta II b



4.3.9 Varianta III b

U této varianty byla použita samotná prasečí kejda a NPK. Při pohledu na graf číslo jedenáct si můžeme všimnout, že stejně jako u předchozí varianty, byl nejvyšší odpor naměřen v hloubce 36 cm při druhém měření. Odpor měl hodnotu přibližně 4,2 MPa. Až do hloubky 28 cm je však u této varianty penetrační odpor nejmenší.

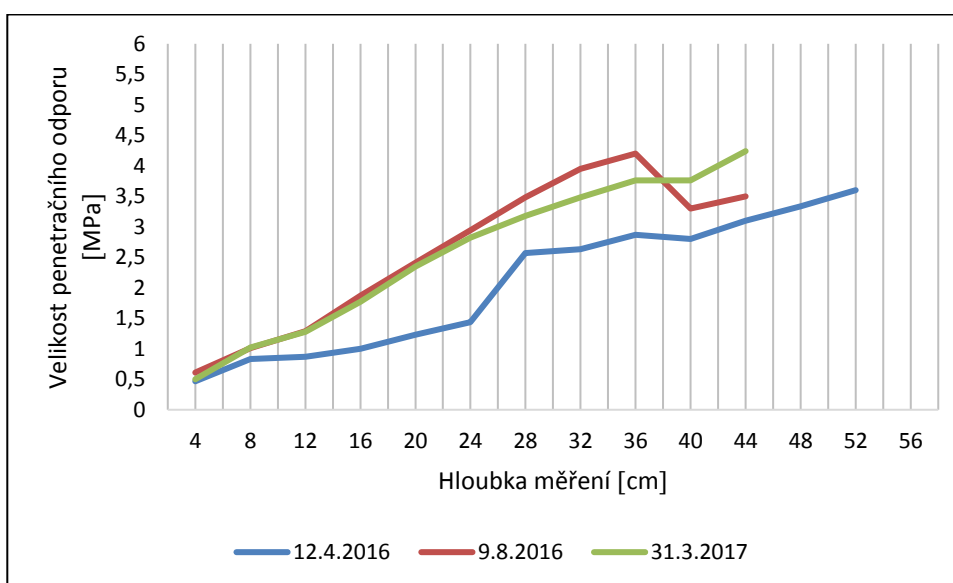
Graf 11 Penetrační odpor varianta III b



4.3.10 Varianta IV b

Na tuto variantu byla aplikována prasečí kejda společně s PRP SOL a NPK. Na grafu číslo dvanáct je jasné vidět, že oproti prvnímu měření došlo ve zbývajících dvou případech k jasnému zhoršení, tedy zvýšení penetračního odporu. Nejvyšší rozdíl, který činí přibližně 1,6 MPa, můžeme vidět v hloubce 24 cm. Druhé a třetí měření se až do hloubky 24 cm téměř neliší. Nejvyšší odpor jsme, stejně jako u předchozích dvou variant, naměřili v hloubce 36 cm při měření, které proběhlo 9.8.2016.

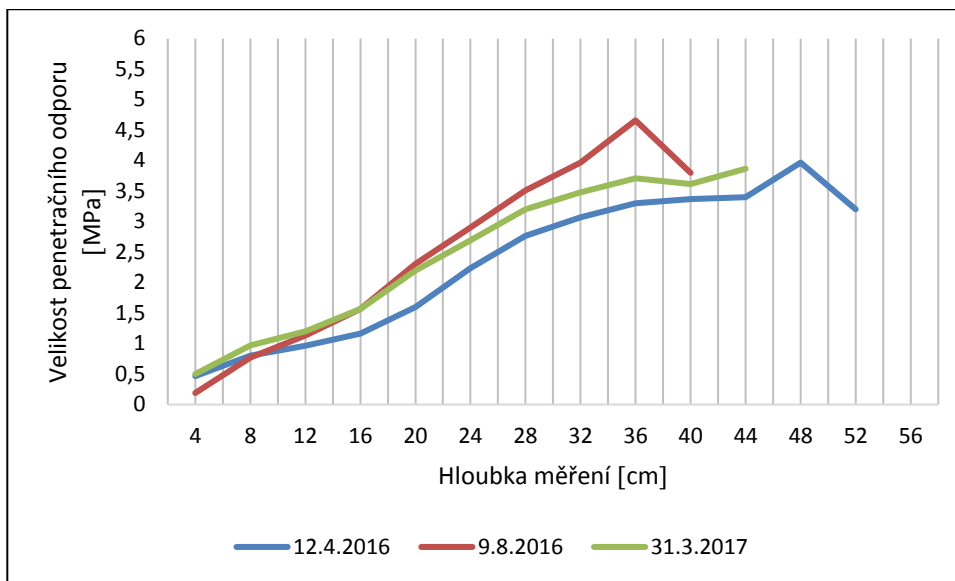
Graf 12 Penetrační odpor varianta IV b



4.3.11 Varianta I c

U varianty s označením I c byl použit drůbeží trus společně se Z FIX a průmyslovým hnojivem NPK. Naměřené hodnoty můžeme vidět v grafu číslo třináct. Druhé měření má v hloubce 4 cm nejnižší odpor, jeho křivka však stoupá nejstrměji a v hloubce 36 cm má penetrační odpor nejvyšší. První a třetí měření mají téměř totožný tvar křivky, u prvního měření je ale hodnota odporu přibližně o 0,15 MPa nižší. Nejvíce naměřených hodnot jsme opět získali v březnu, kdy se odpor měřil do hloubky 52 cm.

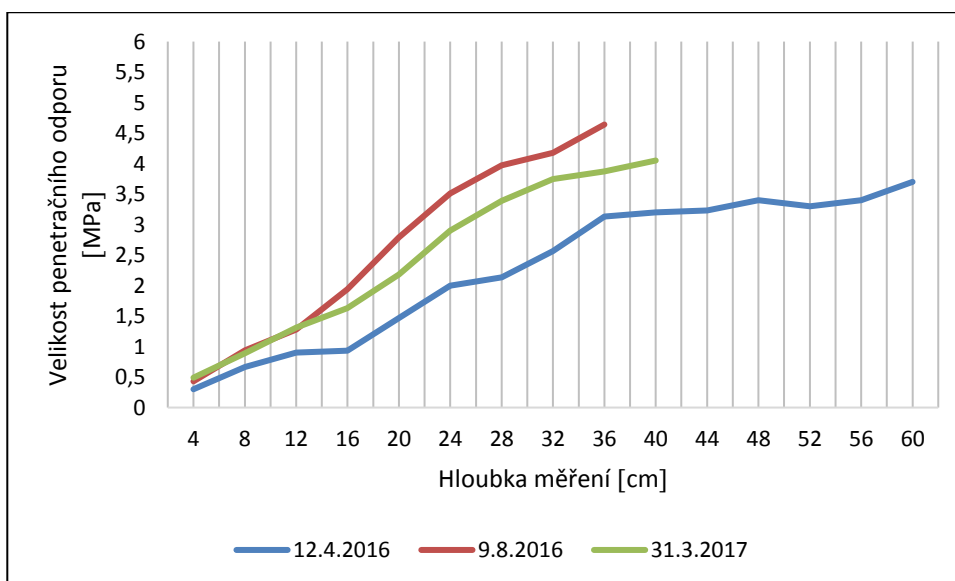
Graf 13 Penetrační odpor varianta I c



4.3.12 Varianta II c

Na tuto variantu byl aplikován drůbeží trus se Z FIX společně s PRP SOL a NPK. Z grafu číslo čtrnáct lze vyčíst, že nejnižších hodnot dosahoval odpor při prvním měření. Při tomto měření se nám také hodnoty podařilo naměřit až do hloubky 60 cm. Při druhém a třetím měření začíná odpor ve 4 cm přibližně na stejné hodnotě. S větší hloubkou však můžeme u březnového měření vidět zlepšení, od 16 cm je odpor menší přibližně o 0,5 MPa.

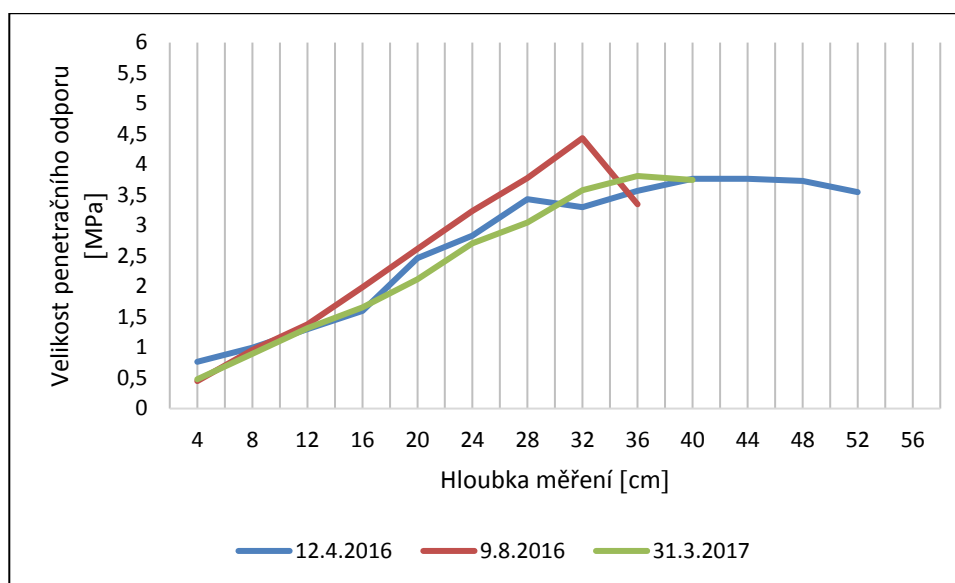
Graf 14 Penetrační odpor varianta II c



4.3.13 Varianta III c

Na variantu III c byl aplikován drůbeží trus společně s NPK. Naměřené hodnoty můžeme vidět v grafu číslo patnáct. Ve 4 cm má nejvyšší odpor dubnové měření. Březnové měření z roku 2017 vykazuje téměř ve všech zkoumaných hloubkách zlepšení oproti srpnu. Jedinou výjimkou je hloubka 35 cm. Nejhlouběji se opět podařilo naměřit v dubnovém termínu, hodnoty odporu byly zjištěny až do 56 cm.

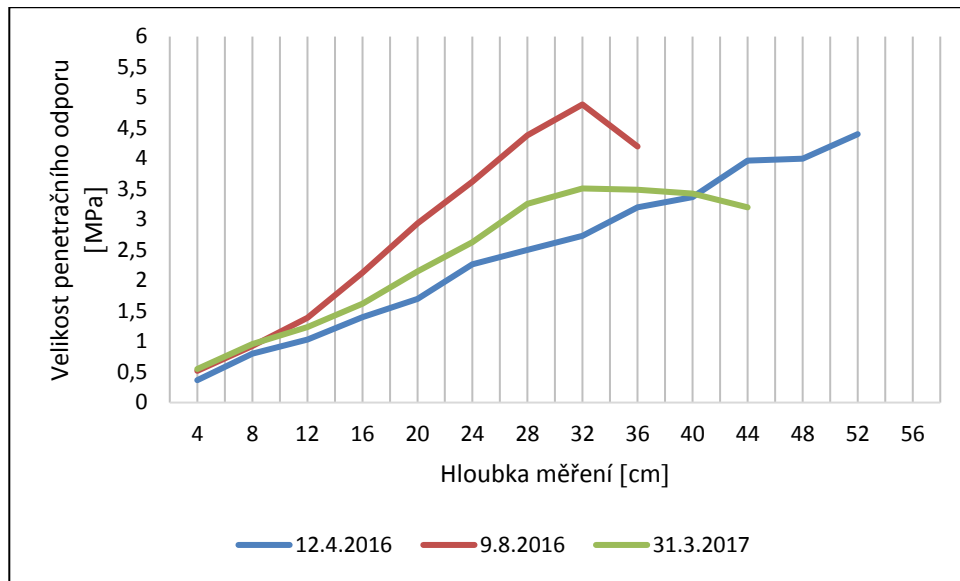
Graf 15 Penetrační odpor varianta III c



4.3.14 Varianta IV c

Na tuto variantu byl použitý drůbeží trus s přípravkem PRP SOL a minerální hnojivo NPK. Jak můžeme vidět v grafu číslo šestnáct, nejhorších hodnot opět dosahuje druhé měření prováděné v srpnu. Třetí měření sice vykazuje zhoršení oproti prvnímu, ale v porovnání s druhým se stále jedná o zlepšení. Dále si můžeme všimnout, že křivka prvního měření stoupá téměř lineárně. Nejvyšší penetrační odpor byl naměřen při srpnovém měření v hloubce 32 cm a jeho hodnota odpovídá přibližně 5 MPa.

Graf 16 Penetrační odpor varianta IV c



4.4 Penetrační odpory v jednotlivých měřených hloubkách

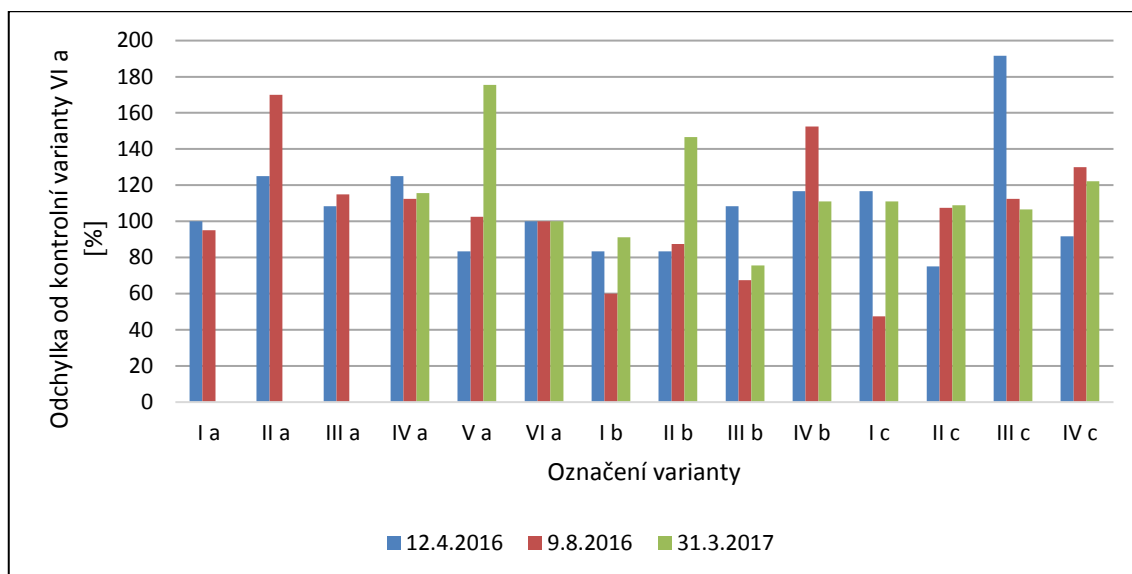
V této kapitole jsou porovnány penetrační odpory v jednotlivých hloubkách, ve kterých došlo k měření. Porovnání proběhne vždy vzhledem k variantě s označením VI a, která je hnojena pouze minerálním hnojivem NPK a představuje tzv. variantu kontrolní. Hodnoty naměřené v této variantě budou vždy představovat 100 % a ostatní měření budou znázorněna jako procentuální odchylka od této hodnoty.

Jak už bylo zmíněno výše, v termínu 31.3.2017 se ve variantách I a, II a, III a nepodařilo penetrační odpor naměřit, proto budou opět porovnávány pouze hodnoty z roku 2016.

4.4.1 Penetrační odpor v hloubce 4 cm

Jak můžeme vidět v grafu číslo sedmnáct, penetrační odpor v hloubce 4 cm klesl u posledního měření pouze u variant I b a III b. U ostatních variant je vidět nárůst penetračního odporu. Nejvyšší změna je potom u variant V a, II b. U varianty V a se jedná o nárůst 75 %, u varianty II b potom 47 %. V ostatních případech odpor sice stoupl, ale jedná se o nárůst pouze v jednotkách %. U varianty III c můžeme vidět, že ačkoliv je odpor stále vyšší než u varianty kontrolní, oproti prvnímu měření došlo ke značnému zlepšení o přibližně 85 %.

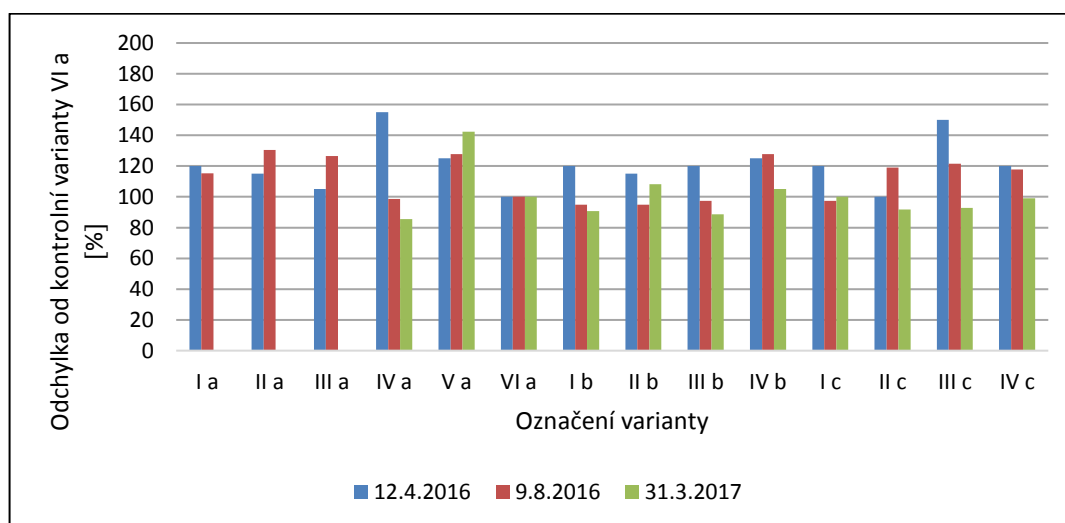
Graf 17 Penetrační odpor v hloubce 0,04 m



4.4.2 Penetrační odpor v hloubce 8 cm

V následujícím grafu číslo osmnáct můžeme vidět, že oproti hloubce 4 cm došlo k mírnému zlepšení při porovnání s variantou hnojenou pouze NPK. Výrazně nad 100 % se dostala pouze varianta V a, vzhledem k měření ve 4 cm, je to však stále zlepšení. Kromě této varianty se všechny ostatní pohybují kolem hodnoty 100 %, v případě IV a, I b, III b, II c, III c, jsme naměřili odpor dokonce menší. Největší procentuální změnu oproti kontrolní variantě mezi prvním a třetím měřením jsme zaznamenali u parcel s označením IV a, III c, zde došlo k pozitivnímu snížení odporu o přibližně 70 %.

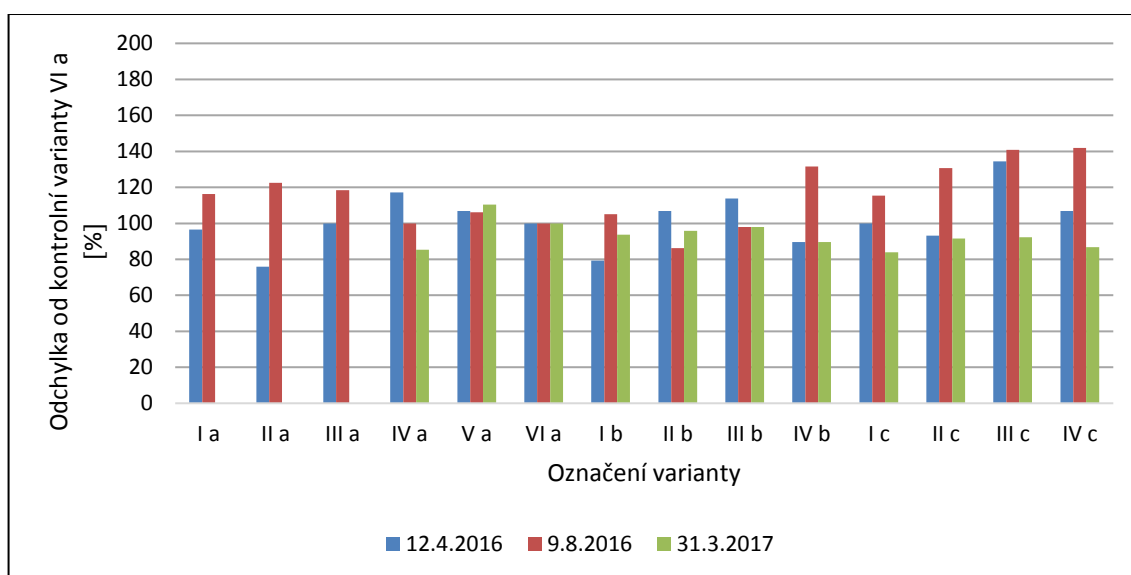
Graf 18 Penetrační odpor v hloubce 0,08 m



4.4.3 Penetrační odpor v hloubce 12 cm

Z následujícího grafu číslo devatenáct, který znázorňuje penetrační odpory v hloubce 12 cm, můžeme jasně vyčíst, že při březnovém měření se přes hranici 100 % dostala pouze problematická varianta s označením V a, i u této varianty je to však už pouze 10 %. Nejhorší výsledky jsme naměřili v srpnu, kdy téměř všechny varianty přesáhly hranici 100 %.

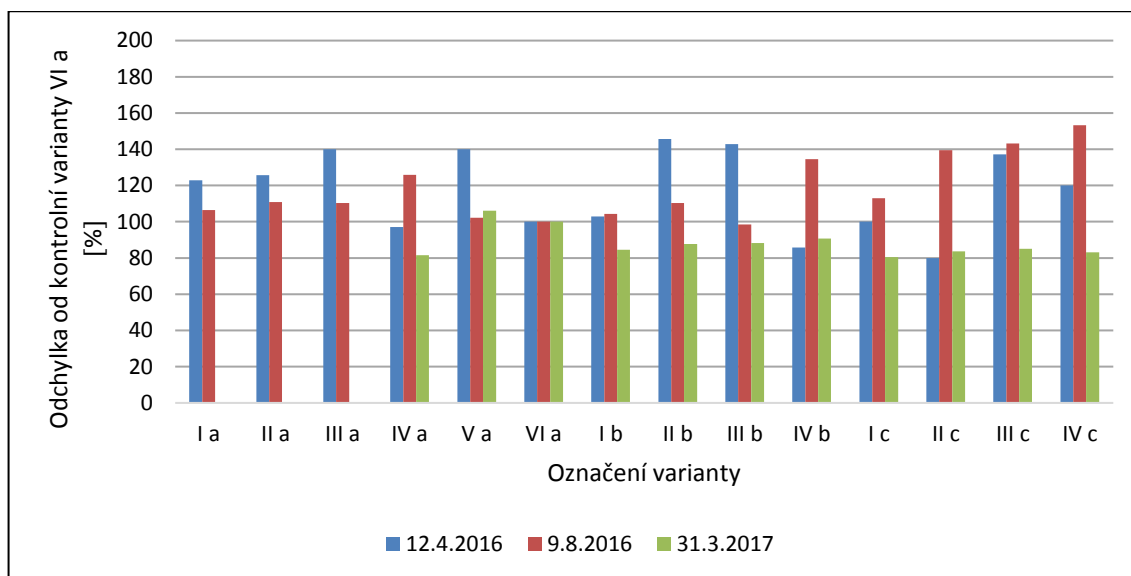
Graf 19 Penetrační odpor v hloubce 0,12 m



4.4.4 Penetrační odpor v hloubce 16 cm

Jak můžeme vyčíst z grafu číslo dvacet, v hloubce 16 cm došlo ve třetím měření k jasnému zlepšení, všechny varianty kromě V a, která kontrolní hodnotu přesáhla pouze o 6 %, se dostaly výrazně pod 100 %. Nejmenší odpor v tomto případě vykazovala varianta III c, která byla hnojena drůbežím trusem společně s NPK. Pokud se však podíváme na srpnové měření, všechny varianty kromě III b, se dostaly výrazně nad kontrolní hodnotu. Téměř to samé platí pro dubnové hodnoty, tam se pod kontrolní hodnotu dostaly pouze varianty IV a, IV b a II c.

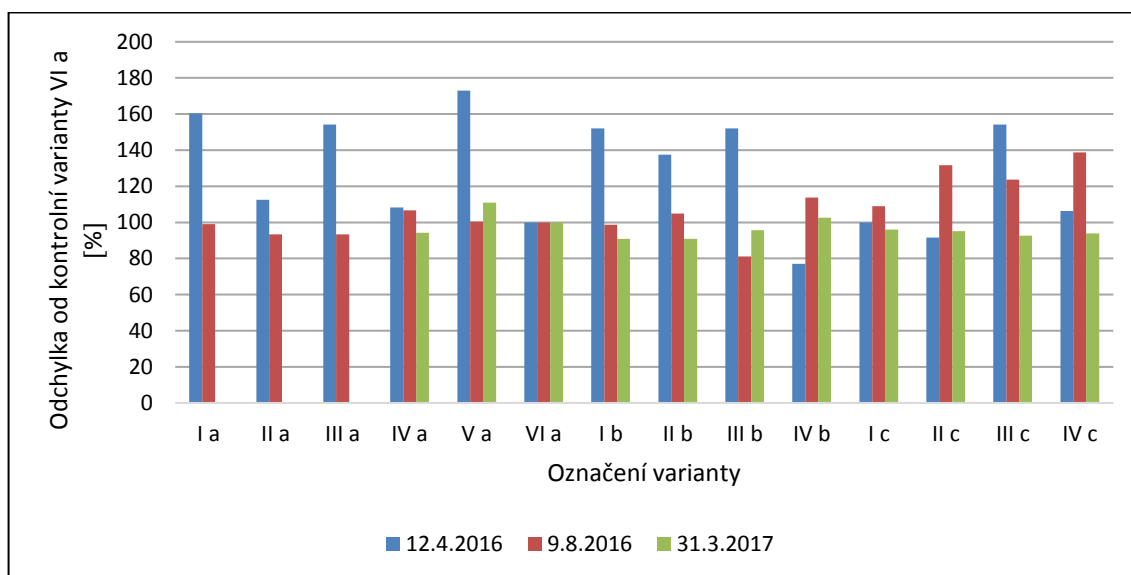
Graf 20 Penetrační odpor v hloubce 0,16 m



4.4.5 Penetrační odpor v hloubce 20 cm

Z následujícího grafu číslo dvacet jedna je zřejmé, že při prvním měření byl nejmenší odpor u varianty IV b, která byla hnojena prasečí kejdou společně s PRP SOL a NPK. Při druhém měření se na nejnižší hodnotu dostala varianta III b, která je také hnojena prasečí kejdou a NPK, přípravek PRP SOL zde však použit nebyl. V březnovém měření se všechny hodnoty pohybují kolem 100 %, nejhůře opět vyšla varianta s označení V a, kde není použité žádné statkové hnojivo, ale pouze PRP SOL společně s NPK.

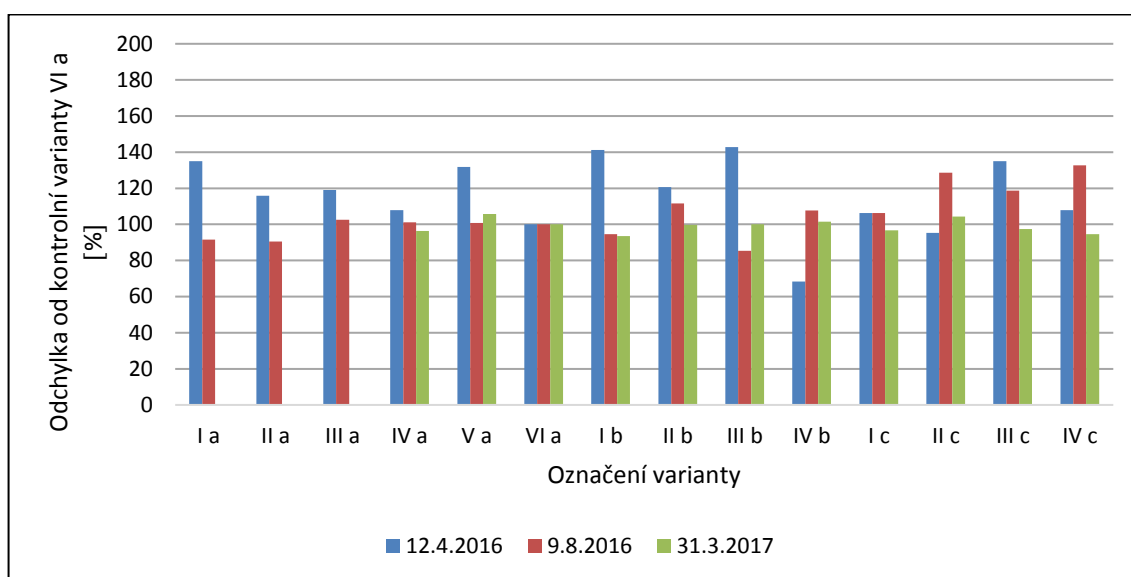
Graf 21 Penetrační odpor v hloubce 0,20 m



4.4.6 Penetrační odpor v hloubce 24 cm

Z následujícího grafu číslo dvacet dva je patrné, že při prvním měření dosáhla nejlepšího výsledku varianta IV b, u které se penetrační odpor pohyboval pouze kolem 70 % kontrolní hodnoty. Tato varianta je hnojena prasečí kejdou společně s PRP SOL a NPK. Téměř všechny ostatní varianty se však dostaly vysoko nad 100 % hranici. Při druhém měření vyšla nejlépe varianta III b. V případě třetího měření se opět všechny zjištěné hodnoty oproti kontrolní variantě příliš nelišily.

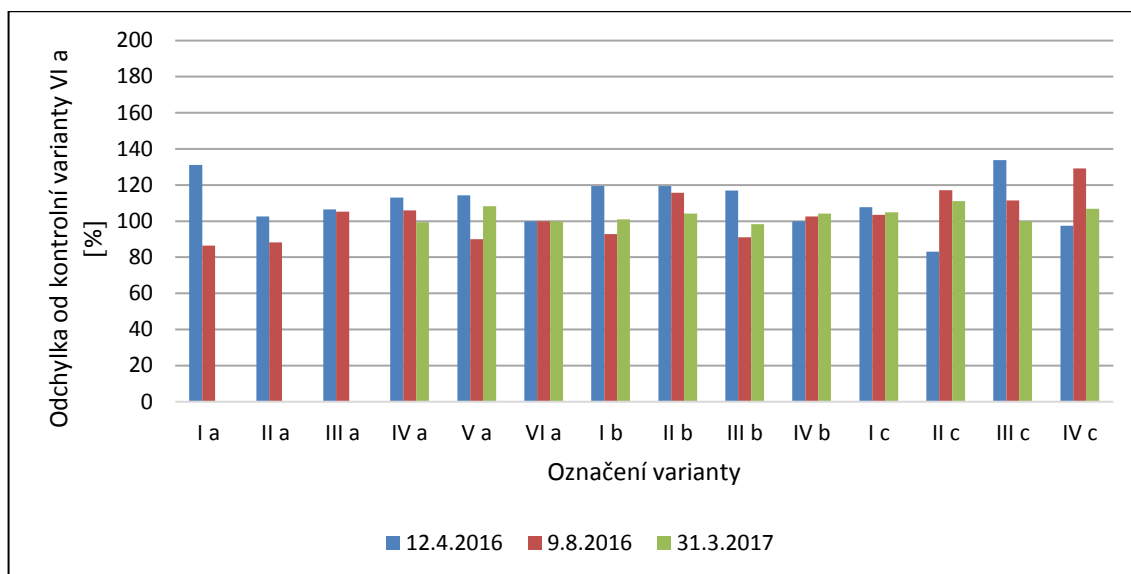
Graf 22 Penetrační odpor v hloubce 0,24 m



4.4.7 Penetrační odpor v hloubce 28 cm

Jak můžeme vidět na následujícím grafu číslo dvacet tři, nejvíce negativních hodnot jsme naměřili při prvním měření, pouze varianty II c a IV c se dostaly pod hranici 100 %. V případě druhého měření je výsledek o něco lepší, pod kontrolní hodnotu se dostalo celkem pět varianty, a to I a, II a, V a, I b a II b. Nejlépe vyšla varianta I a, která je hnojena kravským hnojem s přípravkem Z FIX a NPK. U třetího měření výsledky dopadly obdobně jako u předchozích hloubek. Varianty se jen nepatrně odchyľují od hodnoty 100 %, v tomto případě však většina tuto hranici nepatrně přesáhla.

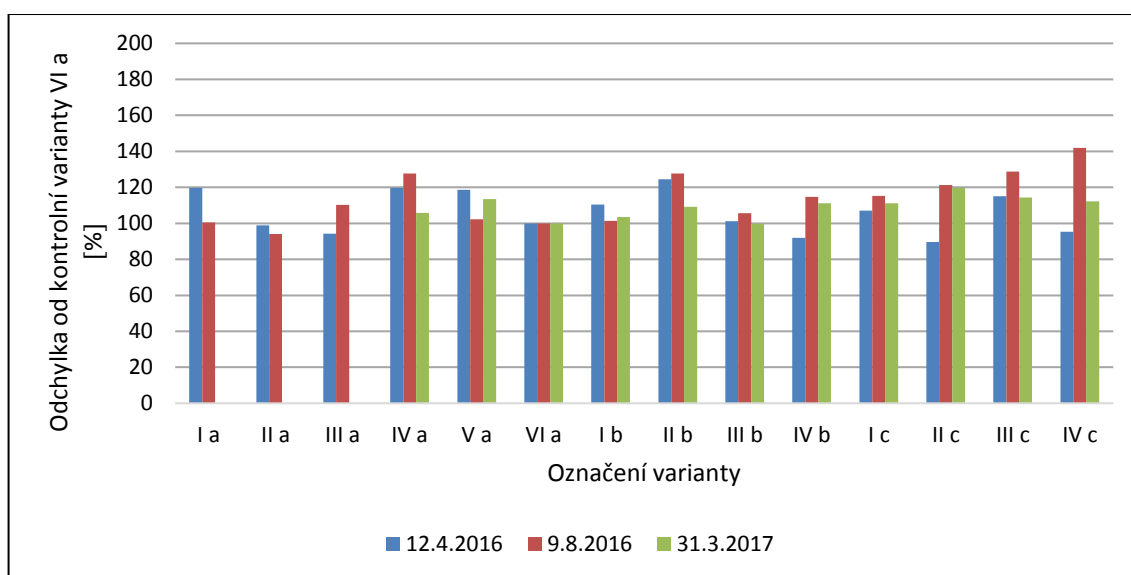
Graf 23 Penetrační odpor v hloubce 0,28 m



4.4.8 Penetrační odpor v hloubce 32 cm

Jak je vidět v následujícím grafu číslo dvacet čtyři, v této měřené hloubce jsou penetrační odpory, až na ojedinělé výjimky, poměrně vyrovnané. V prvním měření došlo k největšímu zhoršení u varianty IV c, v druhém u varianty II b a ve třetím u varianty II c. Celkově se však dá říct, že průměrně se varianty od kontrolní hodnoty VI a příliš neliší.

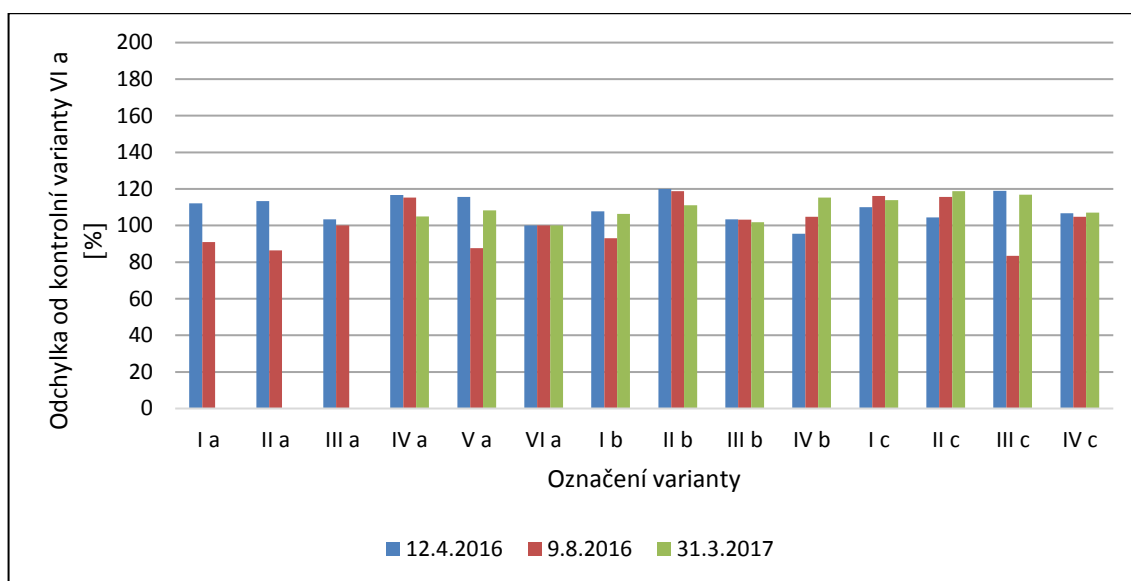
Graf 24 Penetrační odpor v hloubce 0,32 m



4.4.9 Penetrační odpor v hloubce 36 cm

36 cm je poslední hloubka, do které se nám, kromě variant I a, II a, III a, při třetím měření, podařilo změřit penetrační odpor u všech variant. Výsledky můžeme pozorovat v následujícím grafu číslo dvacet pět. Při třetím měření došlo na všech parcelách k mírnému zhoršení, žádné však nepřesáhlo 20 %. To samé platí pro měření první. Celkově však opět žádná varianta výrazně nevybočuje a odpory se od kontrolní varianty příliš neliší.

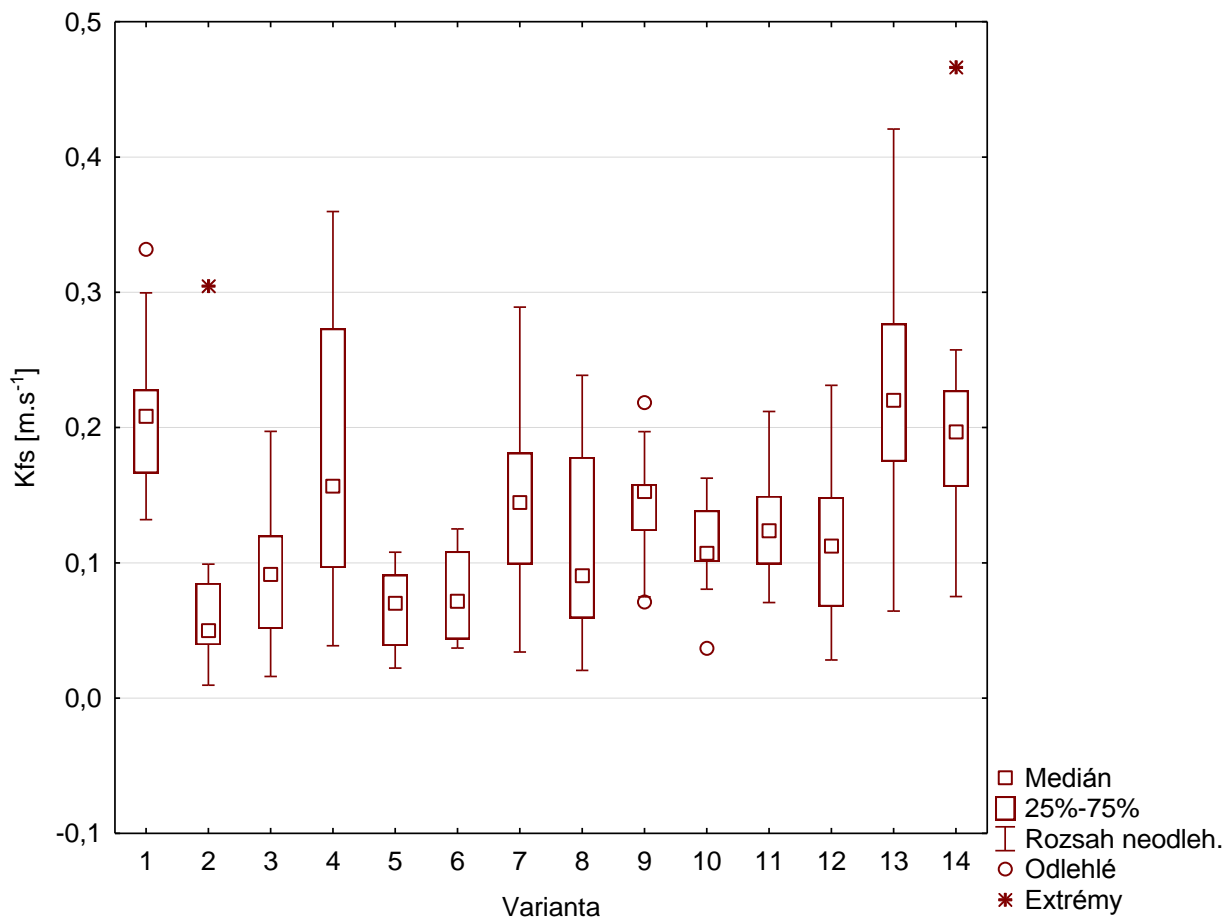
Graf 25 Penetrační odpor v hloubce 0,36 m



4.5 Infiltrace půdy

Měření infiltračních vlastností půdy proběhlo 31.3. 2017. Měřena byla vždy vlhkost půdy před a po nalití vody do válce a čas, za který se všechna voda z povrchu vsákla. Aby bylo zamezeno vlivu extrémních hodnot, byl pro porovnání použit medián. V následujícím grafu číslo dvacet šest jsou znázorněny hodnoty, které jsme v jednotlivých variantách naměřili pro hydraulickou vodivost. Nejvyšší nasycenou hydraulickou vodivost jsme naměřili ve variantě I b, kde byla její hodnota přibližně $0,218 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Nejnižší hydraulickou vodivost vykazovala varianta II a, zde byla naměřena hodnota přibližně $0,047 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Graf 26 Nasycená hydraulická vodivost 31.3.2017

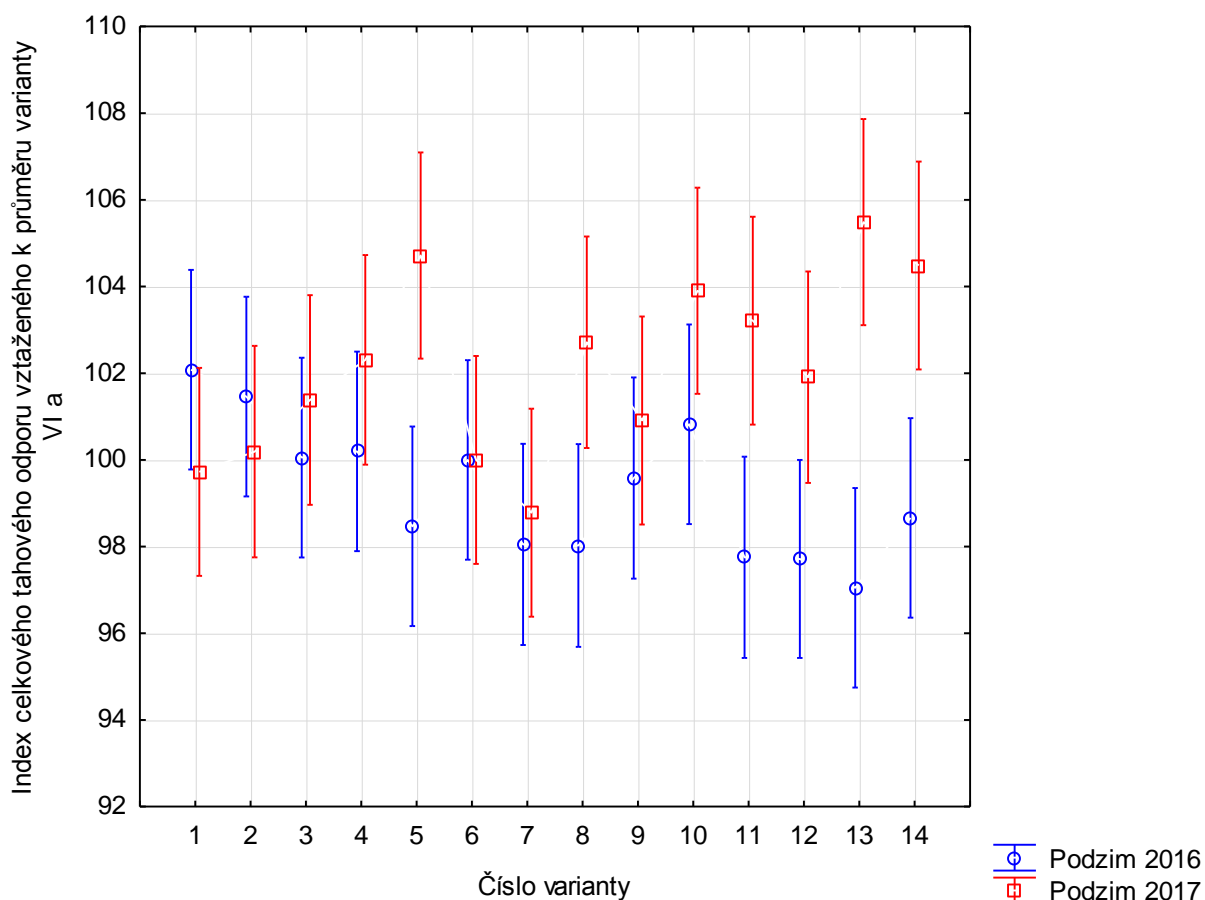


4.6 Tahový odpor

V následujícím grafu číslo dvacet sedm jsou znázorněny změny v indexu celkového tahového odporu mezi roky 2016 a 2017. Stejně jako u penetračního odporu, i u tahové odporu, je jeho hodnota velice ovlivněna aktuálním počasím. Proto bude opět použito porovnání s kontrolní variantou VI a, která bude představovat 100 %.

V roce 2016 byl pouze u variant I a, II a, IV a, IV b naměřen vyšší tahový odpor než u varianty kontrolní. Naproti tomu roce 2017 došlo, kromě variant I a, I b, ke zvýšení tahového odporu v porovnání s kontrolní variantou. Nejvyšší relativní tahový odpor byl naměřen ve variantě III c, a to 105,5 %. Na tuto variantu byl aplikován drůbeží trus s NPK.

Graf 27 Index celkového tahového odporu vztaženého k průměru kontrolní varianty VI a



5 Závěr

V úvodní části této práce jsme se seznámili s tím, co to půda vlastně je, s jejím složením a s jejími základními vlastnostmi. V další fázi literární rešerše jsme se věnovali pomocným půdním látkám, jejich rozdělení, vlastnostem a vlivu na vybrané vlastnosti půdy. Zejména pak byly stručně popsány přípravky společnosti PRP Technologies, jsou při, námi prováděných půdních pokusech, použity.

Hlavní, praktická část, této práce je věnována vyhodnocení pokusu, který probíhá na pozemku Zemědělské společnosti Sloveč a.s.. Při tomto vyhodnocení byly zjištěny relativně vysoké rozdíly naměřených hodnot, námi zkoumaných vlastností, u jednotlivých variant.

Pro jednotlivé varianty došlo v praktické části k vyhodnocení objemové hmotnosti, penetračního odporu, tahového odporu a nasycené hydraulické vodivosti.

Objemová hmotnost byla měřena v letech 2016 a 2017. K tomuto měření byly použity Kopeckého válečky a neporušené půdní vzorky.

Penetrační odpor byl měřen ve třech termínech. K jeho měření byl použit penetrometr, který byl vyvinut na katedře využití strojů ČZU. Naměřené hodnoty v dané půdě jsou ovlivněny zejména použitou zemědělskou technikou, opakováním jízd po pozemku nebo počasím.

Infiltrační schopnosti půdy byly měřeny na jaře roku 2017 a k tomuto měření byly použity normované infiltrační válce.

Tahový odpor byl měřen na podzim roku 2016, kdy byla použita souprava John Deere 9570 RT + Köckerling Vario 480 a na podzim roku 2017, kdy byla použita souprava John Deere 9560 RT + Horsch Terrano 8 FG. Je zřejmé, že každá použitá souprava bude mít jiný tahový odpor a bude použita v jiných podmínkách. Velký vliv na tahový odpor má zejména vlhkost půdy. Proto byl pro vyhodnocení použit relativní tahový odpor vůči kontrolní variantě VI a.

Vyhodnocení tahového odporu

V tabulce číslo pět si můžeme prohlédnout vyhodnocení měření tahové odporu pro jednotlivé varianty. Mezi roky 2016 a 2017 došlo k průměrnému navýšení tahového odporu vzhledem ke kontrolní variantě o 2,85 %. Zajímavější však bude porovnání jednotlivých kombinací hnojiv a bioaktivátorů.

Při použití kravského hnoje společně s přípravky PRP Technologies došlo k průměrnému poklesu tahového odporu o 0,5 %. Nejlepšího výsledku dosáhla varianta I a, kde byl aplikován kravský hnůj se Z FIX a NPK. U varianty II b, kde byl aplikován kravský hnůj se Z FIX společně s PRP SOL a NPK tahový průměr klesl o 1,27 %. Ke zhoršení došlo u varianty, kde do hnoje předem nebyl přidán přípravek Z FIX, zde došlo k nárůstu tahového odporu o 2,1 %.

U varianty V a, kde nebylo použito žádné statkové hnojivo, došlo k meziročnímu nárůstu relativního tahového odporu o 6,24 %.

U variant b, kde byla použita prasečí kejda společně s přípravky PRP Technologies vzrostl tahový odpor v průměru o 2,83 %. Nejlepších výsledků v tomto případě dosáhla varianta I b, kde byla aplikována prasečí kejda se Z FIX a NPK. Nárůst odporu v tomto případě činil pouze 0,73 %. Nejhůře pak dopadla varianta II b, kde došlo ke zvýšení o 4,68 %.

Varianty s označením c byly hnojeny drůbežím trusem a, jak můžeme vidět v tabulce, z celého měření skončily nejhůře. Průměrné zvýšení tahového odporu při aplikaci drůbežního trusu společně s přípravky PRP Technologies odpovídalo hodnotě 5,16 %. Nejhoršího výsledku dosáhla varianta IV c, kde byl aplikován drůbeží trus společně s PRP SOL a NPK.

Varianty III a, III b a III c byly hnojeny pouze statkovým hnojivem a NPK. Z tabulky je zřejmé, že po aplikaci kravského hnoje a prasečí kejdy společně s NPK, došlo pouze k mírnému zvýšení tahového odporu, a to o 1,33 %. Varianta III c však dopadla nejhůře ze všech pokusných parcel, došlo u ní k nárůstu odporu o 8,44 %.

Pokud nás zajímá tahový odpor, nejlepších výsledků jasně dosáhly varianty, kde byl aplikován kravský hnůj společně s přípravky PRP Technologies. Z námi provedených měření dále vyplývá, že pokud chceme snížit tahový odpor, aplikace drůbežního trusu není pro tento účel vhodná. Všechny, takto ošetřené varianty, vykazovaly zhoršení zkoumaného parametru. U variant, kde byly k trusu přidány přípravky Z FIX nebo SOL však došlo ke zhoršení mírnějším. Celkově se dá tedy říci, že po dobu, kdy měření k této diplomové práci probíhala, měly aplikované přípravky firmy PRP Technologies na tahový odpor příznivý vliv.

Tabulka 5 Výsledné porovnání tahového odporu vůči kontrolní variantě

Varianta	Rok		Rozdíl
	2016	2017	
I a	102,08 %	99,75 %	-2,33 %
II a	101,46 %	100,19 %	-1,27 %
III a	100,05 %	101,38 %	1,33 %
IV a	100,21 %	102,31 %	2,10 %
V a	98,47 %	104,71 %	6,24 %
VI a	100,00 %	100,00 %	0,00 %
I b	98,05 %	98,78 %	0,73 %
II b	98,03 %	102,71 %	4,68 %
III b	99,58 %	100,91 %	1,33 %
IV b	100,82 %	103,91 %	3,09 %
I c	97,75 %	103,21 %	5,46 %
II c	97,71 %	101,91 %	4,20 %
III c	97,05 %	105,49 %	8,44 %
IV c	98,66 %	104,49 %	5,83 %

Vyhodnocení penetračního odporu

Absolutní hodnoty penetračního odporu lze spolu jen těžko porovnávat, protože jeho velikost je značně ovlivněna vlhkostí, při které je měřen. Proto, stejně jako u tahového odporu, bude pro vyhodnocení použit rozdíl odchylek od kontrolní varianty VI při jednotlivých měřeních. Jak již bylo zmíněno dříve, penetrační odpor se u variant I a, II a, III a nepodařilo změřit.

Jak můžeme vyčíst z následující tabulky s číslem šest, téměř u všech variant se relativní penetrační odpor oproti prvnímu měření v roce 2016 zmenšil. Při porovnání mezi prvním a druhým měřením, která proběhla v roce 2016, můžeme vidět, že odpor se zvětšil pouze u variant s označením IV b, II c a IV c. Mírný nárůst můžeme pozorovat i u varianty II a, zde se však jedná pouze o 0,16 %. Nejvýraznější zlepšení je vidět u varianty III b, na kterou byla aplikována prasečí kejda s NPK. Rozdíl zde činí 30,37 %.

Dále je v tabulce zobrazen rozdíl relativních penetračních odporů mezi měřeními, které probíhalo 12.4. 2016 a měřeními ze 31.3.2017. Zvýšený penetrační odpor oproti počátečnímu stavu se projevil opět u variant IV b a II c. Oproti měření dva se však jedná o značný pokles. Nejlepšího výsledku zde dosáhla varianta III c, která je hnojena drůbežím trusem a NPK.

Celkově lze říci, že aplikace statkových hnojiv společně s přípravky PRP Technologies má na penetrační odpor příznivý vliv. Téměř u všech variant došlo k jeho meziročnímu poklesu.

Tabulka 6 Výsledné porovnání penetračního odporu

Varianta	Datum měření			Rozdíl 1. a 2.	Rozdíl 1. a 3.
	12.4.2016	9.8.2016	31.3.2017		
I a	121,99 %	100,17 %	-	-21,82 %	-
II a	109,41 %	109,58 %	-	0,16 %	-
III a	114,51 %	109,07 %	-	-5,43 %	-
IV a	117,79 %	110,41 %	97,41 %	-7,37 %	-20,37 %
V a	123,15 %	102,18 %	118,95 %	-20,97 %	-4,20 %
VI a	100,00 %	100,00 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %
I b	112,95 %	93,85 %	96,67 %	-19,10 %	-16,29 %
II b	119,22 %	106,38 %	106,15 %	-12,84 %	-13,07 %
III b	122,37 %	92,00 %	94,84 %	-30,37 %	-27,52 %
IV b	94,42 %	121,10 %	104,23 %	26,68 %	9,81 %
I c	107,53 %	102,59 %	100,49 %	-4,94 %	-7,04 %
II c	90,23 %	123,44 %	104,43 %	33,20 %	14,20 %
III c	141,13 %	120,44 %	100,89 %	-20,68 %	-40,24 %
IV c	105,80 %	132,21 %	100,67 %	26,41 %	-5,13 %

Ostatní výsledky

Téměř u všech variant došlo ke snížení objemové hmotnosti mezi jednotlivými odběry. K největšímu poklesu došlo u varianty II b, která je hnojena prasečím hnojem společně se Z FIX společně s PRP SOL a NPK. Naměřen byl rozdíl 11,7 %. Velice dobrého výsledku dosáhla i varianta III c, zde rozdíl činil 10,8 %. Naopak ke zvýšení hmotnosti došlo u varianty VI a, na kterou je aplikováno pouze NPK. Objemová hmotnost v tomto případě vzrostla o 2,1 %.

Nejvyšší nasycenou hydraulickou vodivost vykazovala varianta s označením III c, tedy varianta, na kterou byl aplikován drůbeží trus s NPK. Jen nepatrně horší infiltrační vlastnosti jsme naměřili u variant s označením I a (kravský hnůj se Z FIX a NPK) a IV c (drůbeží trus s PRP SOL a NPK). Nejhorší infiltrační vlastnosti byly zjištěny u varianty II a, která je hnojena kravským hnojem se Z FIX společně s PRP SOL a NPK.

Souhrn

Pokusy s přípravky firmy PRP Technologies prováděné na pozemku Zemědělské společnosti Sloveč byly poprvé provedeny mezi roky 2014 a 2015. Jedná se tedy již o třetí sezonu, kdy je na těchto parcelách podobný typ diplomové práce zpracován.

Všechny hodnoty, které jsou v této diplomové práci použity, byly naměřeny v letech 2016 a 2017. Výsledné hodnoty jednotlivých měření byly dále zpracovány v programech MS Excel 365 a Statistica 12.

Z výše uvedených hodnot a grafů lze vyvozovat, že přípravky firmy PRP Technologies, které byly na pokusném poli použity, mají, na námi zkoumané fyzikální vlastnosti půdy, příznivý vliv. I když se jedná o třetí sezonu, kdy jsou tyto pokusy prováděny, není to dostatečně dlouhý časový horizont na to, abychom mohli výsledky prohlásit za jednoznačné. V pokusech je třeba dále pokračovat a vliv těchto přípravků vyhodnocovat. Pokud se však i v příštích letech potvrdí trend, který zlepšení vlastností půdy naznačuje, pak by autor doporučil i nadále tyto přípravky, v kombinaci s organickými hnojivy, používat.

Seznam použitých zdrojů

1. BAGARELLO, V., IOVINO, M., ELRICK, D. *A Simplified Falling-Head Technique for Rapid Determination of Field-Saturated Hydraulic Conductivity*. Soil Science Society of America Journal, Volume 68, 2004. s. 66-73.
2. BAIER, Jan. *Hnojiva a hnojení v číslech*. Bratislava: Alfa, 1974.
3. BALL B. C., PARKER J. P. A SCOTT A. Soil and residue management effects on cropping conditions a nitrous oxide fluxes under controlled traffic in Scotland. Soil □ Tillage Research, 1999, 3-4 (52). – pp. 191-201.
4. BORŮVKA, L. *Pedogeochemie*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2005. ISBN: 80-213-1309-9
5. BOUL, S. W., SOUTHARD, R. J., MCDANIEL, P. A. *Soil Genesis and Classification*. 1st edition. London: John Wiley & son Inc., 2011. ISBN: 978-0-8138-07690.
6. BRADY, Nyle C a Ray R WEIL. *The nature and properties of Soils*. 13th ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2002. ISBN 0-13-016763-0.
7. BROWNELL, B. *Building Supercapacitors with Biochar* [online]. [2013]. [cit. 2018-1-15]. Dostupné z: http://www.architectmagazine.com/technology/buildingsupercapacitors-with-biochar_o
8. FULAJTÁR, E., BIČÍK, J. CIBULKA. *Fyzikálne vlastnosti pôdy*. Bratislava: Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, [2006]. ISBN 80-89128-20-3.
9. HAMMEROVÁ, Anna. *Odběr půdních vzorků* [online]. [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/19/19-poster_odber_pudnich_vzorku.pdf
10. HAUPTMAN, Ivo, Zdeněk KUKAL, Karel POŠMOURNÝ a Ivan BIČÍK. *Půda v České republice*. Praha: Pro Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství vydalConsult, 2009. ISBN 978-80-903482-4-0.
11. HOLUBÍK, Ondřej. *Postupy udržitelného hospodaření na zemědělské půdě s cílem optimalizace obsahu organických složek*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2015. 16 s.
12. HŮLA, Josef, Zdeněk ABRHAM a František BAUER. *Zpracování půdy*. Vyd. 1. Praha: Brázda, 1997, 140 s. ISBN 80-209-0265-1.
13. HŮLA, J., PROCHÁZKOVÁ, B. *Minimalizace zpracování půdy*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2008, 248 s. ISBN 978-80-86726-28-1.

14. JANEČEK, Miloslav. *Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika*. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2007. ISBN 978-80-254-0973-2.
15. LARSON, D.L. AND H.E. CLYMA Electro-osmosis effectiveness in reducing tillage draft force and energy forces. *Transactions of ASAE*, 1995, 38: 1281-1288.
16. LAVELLE, P., SPAIN, A. V., *Soil Ecology*. 1st edition. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. ISBN: 0-7923-7123-2
17. LHOTSKÝ, Jiří. *Zhutňování půd a opatření proti němu: (studijní zpráva) = Soil compaction and measures against it : (review)*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2000, 61 s. Studijní informace. ISBN 80-7271-067-2.
18. MIKULA, Pavel. *Organická hmota v půdě: (studijní zpráva)*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1998, 46 s. Studijní informace. ISBN 80-86153-22-3.
19. MUSIL, J. a J. ČERVNINKA. *Tension resistance measuring device for means of mechanization: Zařízení pro měření tahového odporu mechanizačních prostředků* [online]. Ústav zemědělské, potravinářské a environmentální techniky [cit. 2018-01-13]. Dostupné z: http://mnet.mendelu.cz/mendelnet2004/obsahy/enviro/musil_j.pdf
20. POKORNÝ, Eduard a Bořivoj ŠARAPATKA. *Půdoznalství pro ekozemědělce*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2003. Příručka ekologického zemědělce. ISBN 80-7084-295-4.
21. POKORNÝ, E., ŠARAPATKA, B., HEJÁTKOVÁ, K. *Metodická pomůcka: Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku*. 1. vydání. Náměšť nad Oslavou: ZERA-Zemědělská a ekologická regionální agentura, o. s., 2007. ISBN: 80-903548-5-8.
22. 80-903548-5-8.
23. PRAX, Alois, Jiří JANDÁK a Eduard POKORNÝ. *Půdoznalství*. 1. vyd. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1999, 153 s. ISBN 80-7157-145-8.
24. SMOLÍKOVÁ, L., *Pedologie I*. 2. vydání. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 1988.
25. SPILKOVÁ, J., ŠEFRNA, L. Uncoordinated new retail development and its impact on land use and soils: A pilot study on the urban fringe of Prague, Czech Republic. *Landscape and Urban Planning* 94 (2010), s. 141–148.
26. ŠABATKA, J. Zpracování půdy pro mák. 2014. 33. Labris, s.r.o.
27. ŠANTRŮČKOVÁ, H., *Základy ekologie půdy*. 1. vydání. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2014. ISBN: 978-80-7394-480-3
28. ŠARAPATKA, B., *Pedologie a ochrana půdy*. 1. vydání, Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN: 80-244-0584-9

29. ŠAŘEC, P., V. PROŠEK a O. ŠAŘEC. Přístroj pro měření utužení půdy s laserovým snímáním hloubky – laserový penetrometr [patent]. Česká republika. Užité vzor, CZ 20252 U1. Uděleno 6.10.2009
30. ŠIMEK, Miloslav. *Základy nauky o půdě*. 2., upr. a rozš. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Biologická fakulta, 2007dotisk. ISBN 80-7040-747-6.
31. TUF, I. H., *Praktika z půdní zoologie*. 1. vydání, Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. ISBN: 978-80-244-3479-7
32. VEGRICH, J; AMBROŽ, P; FABIÁNOVÁ, M. M; MILÁČEK, P; ŠIMON, J; KLÍR, J. (2010): Využití statkových hnojiv v rostlinné výrobě. Chov. Leden 2010
33. VOLTR, Václav. *Hodnocení půdy v podmínkách ochrany životního prostředí*. Praha: Ústav zemědělské ekonomiky a informací, c2011. ISBN 978-80-86671-86-4
34. VOPRAVIL, Jan. *Půda a její hodnocení v ČR*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2011. ISBN 978-80-87361-02-3.
35. Firemní literatura společnosti PRP Technologies
36. Firemní literatura společnosti Eagri

Seznam obrázků

<i>Obrázek 1 Typy kuželové hlavice penetrometru</i>	<i>3</i>
<i>Obrázek 2 Penetrometr</i>	<i>4</i>
<i>Obrázek 3 Sada Kopeckého válečků</i>	<i>5</i>
<i>Obrázek 4 Přejezdy parcelových pokusů v roce 2017</i>	<i>7</i>
<i>Obrázek 5 Souprava pro měření tahového odporu v roce 2017</i>	<i>7</i>
<i>Obrázek 6 Válce pro měření infiltrace vody</i>	<i>8</i>
<i>Obrázek 7 Půdní mapa ČR.....</i>	<i>12</i>
<i>Obrázek 8 Trojúhelníkový graf USDA</i>	<i>14</i>
<i>Obrázek 9 Závislost vlhkosti půdy na obsahu jílnatých částic a typu zpracování ...</i>	<i>18</i>
<i>Obrázek 10 Munsellovy tabulky</i>	<i>21</i>
<i>Obrázek 11 Faktory působící na úrodnost půdy</i>	<i>22</i>
<i>Obrázek 12 Vodní eroze</i>	<i>24</i>
<i>Obrázek 13 Vývoj rozlohy orné půdy</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 14 Jak funguje PRP SOL</i>	<i>31</i>

Seznam grafů

<i>Graf 1 Výsledky měření OH a ROH v roce 2016</i>	<i>34</i>
<i>Graf 2 Výsledky měření OH a ROH v roce 2017</i>	<i>35</i>
<i>Graf 3 Penetrační odpor varianta I a</i>	<i>36</i>
<i>Graf 4 Penetrační odpor varianta II a</i>	<i>37</i>
<i>Graf 5 Penetrační odpor varianta III a</i>	<i>38</i>
<i>Graf 6 Penetrační odpor varianta IV a</i>	<i>38</i>
<i>Graf 7 Penetrační odpor varianta V a</i>	<i>39</i>
<i>Graf 8 Penetrační odpor varianta VI a (kontrola)</i>	<i>40</i>
<i>Graf 9 Penetrační odpor varianta I b</i>	<i>41</i>
<i>Graf 10 Penetrační odpor varianta II b</i>	<i>42</i>
<i>Graf 11 Penetrační odpor varianta III b</i>	<i>42</i>
<i>Graf 12 Penetrační odpor varianta IV b</i>	<i>43</i>

<i>Graf 13 Penetrační odpor varianta I c</i>	44
<i>Graf 14 Penetrační odpor varianta II c</i>	44
<i>Graf 15 Penetrační odpor varianta III c</i>	45
<i>Graf 16 Penetrační odpor varianta IV c</i>	46
<i>Graf 17 Penetrační odpor v hloubce 0,04 m</i>	47
<i>Graf 18 Penetrační odpor v hloubce 0,08 m</i>	47
<i>Graf 19 Penetrační odpor v hloubce 0,12 m</i>	48
<i>Graf 20 Penetrační odpor v hloubce 0,16 m</i>	49
<i>Graf 21 Penetrační odpor v hloubce 0,20 m</i>	49
<i>Graf 22 Penetrační odpor v hloubce 0,24 m</i>	50
<i>Graf 23 Penetrační odpor v hloubce 0,28 m</i>	51
<i>Graf 24 Penetrační odpor v hloubce 0,32 m</i>	51
<i>Graf 25 Penetrační odpor v hloubce 0,36 m</i>	52
<i>Graf 26 Nasycená hydraulická vodivost 31.3.2017</i>	53
<i>Graf 27 Index celkového tahového odporu vztaženého k průměru kontrolní varianty VI a</i>	54

Seznam tabulek

<i>Tabulka 1 Označení jednotlivých variant a výnos pšenice v roce 2017</i>	9
<i>Tabulka 2 Závislost odporu půdy na jejím druhu</i>	20
<i>Tabulka 3 Doporučené dávkování PRP SOL</i>	32
<i>Tabulka 4 Dávkování přípravku Z FIX</i>	33
<i>Tabulka 5 Výsledné porovnání tahového odporu vůči kontrolní variantě</i>	57
<i>Tabulka 6 Výsledné porovnání penetračního odporu</i>	58