

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra využití strojů



Diplomová práce

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

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

Autor práce: Sofiia Baderina

© 2018 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Sofia Baderina

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

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

Název anglicky

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

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 1. 9. 2017

doc. Ing. Petr Šařec, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 1. 2018

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 29. 03. 2018

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Vliv organických hnojiv a bioaktivátorů na vybrané půdní vlastnosti ve zvoleném zemědělském podniku" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.03.2018

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu mé diplomové práce doc. doc. Ing. Petru Šařcovi Ph.D. a prof. Ing. Ondřeji Šařcovi CSc., za odbornou pomoc, poskytnutí cenných rad a za čas, který mi věnovali.

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

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá popisem vlivu aplikace organických hnojiv a pomocných půdních přípravků na vybrané fyzikální vlastnosti půdy. V úvodu této práce je zpracována literární rešerše, která pojednává o půdě a jejích vlastnostech. V další části jsou popsány půdní typy a její druhy, jenž je možno nalézt na území České republiky. Dále je zpracována problematika pomocných půdních látek, jejich dělení. Některé látky jsou podrobněji popsány. V praktické části jsou zpracovány a porovnávány data vybraných fyzikálních vlastností v zemědělském podniku Agrovýzkum Rapotín s.r.o, jako je například tahový a penetrační odpor, infiltrační schopnosti půdy, vlhkost půdy, objemová hmotnost půdy či redukovaná objemová hmotnost půdy. Zpracované výsledky jsou znázorněny v grafech. Poslední kapitola obsahuje diskusi nad vyhodnocenými vlastnostmi a shrnuje jejich výsledky.

Klíčová slova: půdní aktivita, pomocné půdní přípravky, fyzikální vlastnosti půdy

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

Abstract

This diploma thesis centres around describing the influences organic fertilisers and auxiliary soil preparations had on the selected physical properties. The introductory part of the thesis explains which soil types there are and what characteristics they possess - all derived from scientific literature. The following chapter focuses on the before mentioned types of soil and their qualities that can be found in the Czech Republic. Also taken into consideration the soil preparations and their classification, some of which have a more detailed review. The practical part processes and compares the data from the selected physical soil properties in Agrovýzkum Rapotín s.r.o. such as soil traction resistance and penetrant resistance, infiltration capacity of soil, soil moisture and soil density. The results are presented in a form of graphs. The last chapter discusses the evaluated properties and summarizes their results.

Keywords: soil activity, soil preparations, physical properties of soil

Obsah

1 Úvod.....	10
2 Cíl práce a metodika	11
2.1 Cíl práce	11
2.2 Metodika	11
2.2.1 Odběr půdních vzorků	11
2.2.2 Penetrační odpor	12
2.2.3 Tahový odpor	13
2.2.4 Infiltrační schopnosti půdy	15
3 Teoretická východiska	17
3.1 Půda a její význam	17
3.1.1 Funkce půdy.....	17
3.1.2 Vznik půdy.....	18
3.1.3 Složení půd	18
3.2 Vlastnosti půd.....	19
3.2.1 Fyzikální vlastnosti	20
3.2.2 Chemické vlastnosti	24
3.2.3 Biologické vlastnosti.....	27
3.3 Degradace půdy.....	27
3.3.1 Eroze půdy	28
3.3.2 Dezertifikace půdy	30
3.3.3 Podmáčení půdy.....	30
3.3.4 Zasolování půdy.....	30
3.3.5 Chemická kontaminace půdy	31
3.3.6 Okyselování půdy	31
3.3.7 Zhutnění půdy	32
3.3.8 Zábory půdy	32
3.4 Zastoupení půd v ČR.....	32
3.4.1 Půdní druhy.....	32
3.4.2 Půdní typy	34
3.5 Pomocné půdní látky	37
3.5.1 Definice.....	37
3.5.2 Dělení PPL.....	38
3.5.3 Příklady PPL v pro úpravu půdních vlastnosti.	39
4 Praktická část práce.....	46
4.1 Zemědělský podnik Agrovýzkum Rapotín s.r.o	46

4.2	Klimatické podmínky	46
4.3	Hodnocené varianty	47
4.4	Sledované fyzikální veličiny a metody jejich měření	49
4.4.1	Objemová hmotnost a redukovaná objemová hmotnost.....	49
4.4.2	Vlhkost půdy.....	51
4.4.3	Infiltrační schopnosti půdy	51
4.4.4	Tahový odpor	52
4.4.5	Penetrační odpory půdy	53
4.4.6	Penetrační odpory půdy v jednotlivých hloubkách.....	59
5	Výsledky a diskuse	66
6	Závěr.....	68
7	Seznam použitých zdrojů	69
	Seznam obrázků.....	72
	Seznam tabulek	72
	Seznam grafů.....	73

1 Úvod

Obhospodařování půdy spojené s nástupem zemědělství je období velkého přelomu v historii lidstva. Člověk žije na Zemi zhruba 3 mil. let, přesto ale lidé vědomě pěstují rostliny a chovají zvířata teprve cca 10 tisíc let.

Zemědělství vzniklo na Blízkém východě ve starší době kamenné před více než 10. tisíci lety. Lidé přešli od kočovného způsobu života k trvalému usídlení na jednom místě. Pokroku napomáhaly různé technické inovace, například pluh a postroje pro tažený dobytek a koně. Pozdějšími vynálezy byly řádkovací secí stroje, žací stroje, parní traktory a nakonec diesellové traktory a kombajny. Zemědělství se šířilo dále do Mezopotámie, Afriky, na Balkán a do západní Evropy. Z původně přírodních krajiny se vyvinula krajina kulturní. (MUČKOVÁ, KAPICA, 2015)

Ve vztahu k životnímu prostředí a člověku plní půda důležitou roli - ochrannou. Vlastní schopnost absorbovat a zadržovat různé znečišťující látky, včetně radionuklidů. Chemicky i fyzikálně je propojují, půda poté slouží jako druh filtru, který zabraňuje vstupu těchto sloučenin do přírodních vod, rostlin a dalších. Lidské zdraví je do značné míry určeno prostředím, v němž je nucen žít, a jak se ukázalo, půda má v tomto důležitou roli.

Půdy jsou obývány nesčetnými mikroorganismy. Některé z nich jsou od ní izolovány a používají se k výrobě cenných léčivých přípravků jako jsou antibiotika.

Půda hraje důležitou roli v přirozeném prostředí člověka. Především proto, že půda je hlavní způsob zemědělské výroby, která patří do kategorie neobnovitelných přírodních zdrojů. Vytvoření 1 cm půdy trvá i stovky let, zatímco její poškození nebo eroze je často záležitostí pár minut až hodin. (ŠARAPATKA, 2014)

Svou samotnou existencí poskytuje půda příležitost pro život lidí a jiným živým organismům. Půda a člověk jsou navzájem neoddělitelně spojeni. Vědomě prvními účinnými technologiemi lidské civilizace bylo zemědělství a chov zvířat, což je v podstatě maximální způsob využívání půdních zdrojů.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je vyhodnocení vlivu aplikace organických hnojiv a pomocných půdních přípravků, a to především na fyzikální vlastnosti půdy. Jedná se, například, o tahový odpor nebo o infiltrační schopnost půdy. Měření probíhá na pozemcích zemědělského podniku Agrovýzkum Rapotín s.r.o.

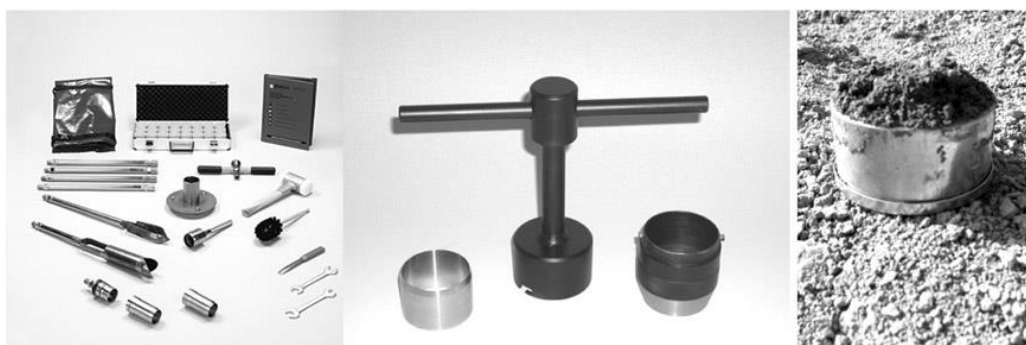
2.2 Metodika

Mezi sledované fyzikální vlastnosti půdy, které byly porovnávány v této diplomové práci, patří: tahový odpor, penetrační odpor, infiltrační schopnosti půdy, vlhkost půdy, objemová hmotnost půdy a redukovaná objemová hmotnost půdy.

2.2.1 Odběr půdních vzorků

Odběry půdních vzorků provádíme pomocí Kopeckého fyzikálních válečků, které je třeba před vlastním odběrem zvážit (viz. Obrázek 1). Pomocí těchto válečku můžeme zjistit fyzikální vlastnosti a charakteristiku vodního a vzdušného režimu půdy. Podle pedologického rozboru půdy vzorku je možné rovněž stanovit vlhkost, objemovou hmotnost a redukovanou objemovou hmotnost půdy. Válečky jsou vyrobeny z nerezavějící oceli, standardně o objemu 100 cm³ s maximální výškou 5 cm.

Obrázek 1: Sada Kopeckého válečků pro měření půdních vzorků



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

Při odběru těchto vzorků postupují válece ve vertikálním směru. Tento váleček zatlučeme do půdy a to přes vhodný nástavec s palicí. Vrchní vrstvu měřené půdy

hladiny očistíme pomocí lopatky a pak na urovnaný povrch umístíme válece ostrým břitem směrem dolů. Potom se tento váleček rovnoměrně zatlačí do půdy tak hluboko, aby vrstva zeminy vystoupila z horní části odebíraného válečku do 0,5 – 1 cm. Dále musíme položit na váleček víčko a opatrně jej vyjmeme z půdy pomocí polní lopatky a nože. Odstraníme z dolního okraje válečku přesahující zeminu pomocí ostrého nože. Na zarovnané okraje se nasadí víčka, která zajistíme pomocí gumiček. (HAMMEROVÁ, 2014)

Postup rozboru v laboratoře

Odebraný váleček se v laboratoři opatrně odvíčkují. Určíme hmotnost odebraných půdních vzorků pomocí hodinového skla o určité hmotnosti a současně již musíme znát hmotnost samostatného válečku. Hmotnost určená tímto způsobem odpovídá přirozené vlhkosti půdy.

Dále váleček necháme na sytící podložce z filtračního papíru a destilované vody a zakryje se hodinovým sklem. Zeminu ponecháme ve válečku nejméně 12 hodin. Po nasycení váleček stejným způsobem zvážíme a hodnota se zaznamená jako nasáklivost půdního vzorku.

V dalším kroku váleček umístíme na čtyřnásobný filtrační papír, horní část se zakryje hodinovým sklem a necháme se 30 min, zde poté dochází k odsávání vody ze vzorku.

Poté váleček zvážíme a určíme takzvanou třicetiminutovou vlhkost.

Pokračujeme stejným způsobem vždy s novým suchým čtyřnásobným filtračním papírem v časových intervalech 90 minut a 22 hodiny a pak zvážíme. Naměřená hodnota po 90 minutách určí maximální kapilární vodní kapacitu. A hodnota po 22 hodinách odpovídá za přibližnou kapilární vodní kapacitu.

Váleček se zeminou položený na hodinovém skle a kulatým filtračním papíru umístíme do sušárny a necháme zcela vysušit při teplotě 105°C na 24 hodin. Zvážíme váleček po vysušení a tím stanovíme podíl sušiny ve vzorku. A ze suchého rozmělněného vzorku zjistíme specifickou hmotnost. (VALLA, 2002)

2.2.2 Penetrační odpor

Jedná se o jednoduchou metodu, při které měříme odpor půdy vzniklého proti vnikání kovového kužele o definovaných rozměrech, rovnoměrným pohybem do půdy (viz. Obrázek 2). Velký význam při zjišťování penetračního odporu má také vlhkost půdy,

pórovitost, zrnitost, objemová hmotnost. Utuženost půd je možno zjistit pomocí polního penetrometru. Kvůli tomu, že na penetrační odpor má vliv velké množství faktorů, můžeme říct, že tato metoda je nepřímá. Proto hodnoty můžeme jen porovnávat v rozmezí jedné polnosti se shodnými půdními vlastnostmi. Penetrační odpor měříme v jednotkách kPa nebo MPa. (ŠPIČKA, 1964)

Obrázek 2: Penetrometr



Zdroj: Vedoucí práce

Pro měření v této diplomové práci byl používán ruční polní penetrometr. Autory přístroje jsou P. Šařec, O. Šařec a Václav Prošek. Pomocí toho penetrometru lze velmi rychle změřit utužení půdy v nutné hloubce. Přístroj je vybaven displejem, na kterém při probíhající měření lze sledovat údaje o hloubce a tlaku. Maximální měřicí tlak přístroje je 7 Mpa a hloubka 0,74 metrů. Součástí penetrometru je paměť EEPROM, která poskytuje stahování naměřené hodnoty v textovém souboru do PC.

2.2.3 Tahový odpor

Jedná se o sílu potřebnou k tažení pluhu při práci. Na velikosti tahového odporu má významný vliv zrnitost, struktura a vlhkost půdy aj. Zvyšování tahového odporu je ovlivněno velkým zastoupením jílových částic v půdě. A pro stanovení tahového odporu se obvykle používají Tenzometrická měřidla. (ŠPIČKA, 1964)

Obrázek 3: Souprava pro měření tahového odporu v roce 2016

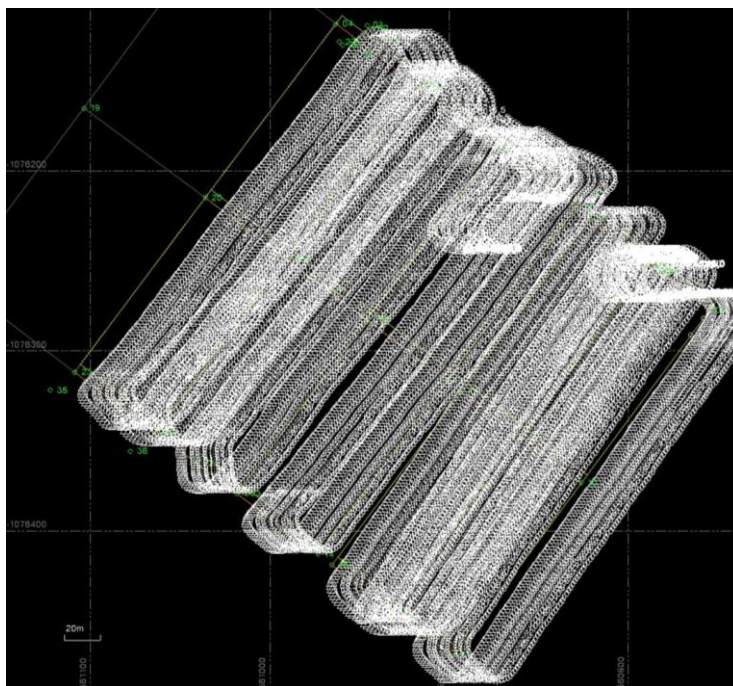


Zdroj: Vedoucí práce

Tahový odpor byl měřen pomocí odporového nářadí, tenzometrické tyče a soupravy, která se skládá ze dvou traktorů (viz. Obrázek 2). Při měření tahových sil byla souprava traktoru s pluhem tažena pomocí tenzometrické tyče druhým traktorem, na jehož tříbodovém závěsu bylo umístěno měřicí zařízení. Spojnice mezi úchytnými body na obou traktorech musí být rovnoběžná s povrchem pole tak, aby svislé síly byly co nejvíce eliminovány na měřicím zařízení. Nejprve se musí provést měření tahového odporu soupravy na prázdko, a pak pracovní odpor soupravy v příslušné pracovní hloubce. A pro výpočet tahového odporu půdy odečítáme od pracovního odporu soupravy tahový odpor naprázdno, který obsahuje valivý odpor soupravy. Pomocí technologie GPS byla určována pozice a rychlost soupravy.

Obrázek číslo tři znázorňuje trasy jízd při měření v roce 2016. Toto měření tahových odporů bylo zpracováno v programu Trimble Business Centre.

Obrázek 4: Trasy jízd v roce 2016



Zdroj: Vedoucí práce

2.2.4 Infiltrační schopnosti půdy

Infiltrační schopnosti půdy jsme měřili pomocí metody Simplified Falling Head. Pro měření byly použity ocelové válce vnějším průměrem 154 mm, které rovnoměrně zamáčkneme 4 - 6 cm do půdy, a půdní vlhkoměr (viz. Obrázek 2). Tento způsob spočívá v současnem změření počáteční a koncové vlhkosti v místě daného vzorku. Na základě těchto měření zjistíme rychlosti vsaku vody do půdy, a později k výpočtu času potřebného k vsáknutí známého objemu vody; tedy času infiltrace. Pomocí naměřených hodnot můžeme zjistit hydraulickou vodivost půdy (viz. Vzorec 1). (HAMMEROVÁ, 2014)

Vzorec 1: Výpočet hydraulické vodivosti půdy

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

Kde:

$\Delta\theta$ - rozdíl relativní vlhkosti půdy před a po nasycení půdy (%)

t_a - čas vsaku vody do půdy (s)

α - konstanta (1/m)

D - podíl objemu vody a plochy válce (m²)

Obrázek 5: Válcové měření infiltrace vody



Zdroj: Vedoucí práce

3 Teoretická východiska

Půda je neobnovitelný přírodní zdroj, a především kvůli zemědělství, jenž je pro člověka zdroj potravy, je důležitá její ochrana. Využití půdy je velice široké i mimo zemědělství. Ve stavebnictví se půda využívá jako zdroj vápence a písku, své uplatnění najde však třeba i v kosmetickém průmyslu. Navíc v zemědělství neslouží jen k produkci potravin, ale i k výrobě-například biopaliv nebo textilu. (VOPRAVIL, 2011)

K většímu pochopení problematiky půd a jejich vlastností je tato kapitola věnována definici půd, složení půd, mechanismům vzniku půd, fyzikálních, chemických, biologických vlastností a typum degradaci. Taky tato kapitola popisuje nejběžnější půdní typy na území České republiky.

3.1 Půda a její význam

Půdu lze definovat jako samostatný přírodní útvar, vzniklý z povrchových zvětralin zemské kůry a z organických zbytků za působení půdotvorných faktorů. Je životním prostředím pro půdní organismy, stanovištěm planě rostoucí vegetace, slouží k pěstování kulturních rostlin. Také reguluje koloběhu látek, může fungovat jako úložiště, ale i zdroj potenciálně rizikových látek. Půda je dynamický, stále se vyvíjející živý systém. Přežití a prosperita všech suchozemských biologických společenstev, přirozených i umělých, závisí na tenké vrchní vrstvě Země. Půda je proto bezesporu nejcennější přírodní bohatství. Je přirozenou součástí národního bohatství každého státu. Půdu je proto nutné chránit nejen pro současnou dobu, ale i se značným výhledem do budoucna. (KUTÍLEK, KURÁŽ, CÍSLEROVÁ, 2000)

3.1.1 Funkce půdy

Půda je jako fyzikální medium prostorovou základnou pro nejrůznější socioekonomické aktivity člověka, jako jsou např. stavebnictví, těžba surovin, průmysl, rekreace, či turistika apod. (ŠARAPATKA, 2014)

Půda se vyskytuje v různých ekosystémech, a z důsledku těchto složitých vazeb, není možné jednoznačně specifikovat její jednu nejdůležitější funkci. Půda je nezastupitelná v plnění těchto funkcí: produkční, filtrační, pufrační, transformační, je prostředím pro život organismů, nezanedbatelné jsou i její socio-ekonomické funkce. (VAŠKŮ, 2008)

3.1.2 Vznik půdy

Půdotvorný proces neboli pedogeneze, je souhrn všech fyzikálních, chemických a biologických procesů probíhajících v půdě, která určují vlastnosti a složení půdní hmoty. Tyto procesy zahrnují odnos různých látek z půdní hmoty a přínos látek nových, rozklad jedněch minerálních a organických sloučenin a tvorbu jiných. Každý dílčí půdotvorný proces probíhající na daném místě závisí na konkrétní kombinaci půdotvorných faktorů a podmínek. (ŠARAPATKA, 2014)

Vznik, stavba a složení půdy jsou výsledkem působení klimatu, podzemní vody, živých organismů žijících v i na povrchu půdy a lidské činnosti na výchozí substrát v určitém čase. Tyto faktory jsou tedy faktory půdotvorné, a díky jejich působením půda vzniká a vyvíjí se na rozhraní litosféry, atmosféry, biosféry a hydrosféry. (ŠARAPATKA, 2014)

Půda je důležitou součástí zemského povrchu. Obsahuje minerální látky, vodu a vzduch. Půda vzniká zvětráváním hornin a minerálů. Při zvětrávání hornina praská a na zvětralém povrchu se po čase objevují první rostliny. Jejich kořeny dokážou pronikat i do velmi malých trhlinek a vypouštět látky, které způsobují další zvětrávání. Rozlišujeme zvětrávání fyzikální, chemické a biologické. Prakticky se však tyto typy zvětrávání uplatňují ve své kombinaci. (BIČÍK, 2009)

Půda obsahuje také humus z odumřelých částí rostlin a živočichů. Humus dodává do půdy minerální látky potřebné pro rostliny. Vzniká rozkládáním zbytků těl rostlin, hub a živočichů a také z jejich trusů. Na rychlost rozkladu má v přírodě vliv teplota, dešťové srážky a také činnost rozkladačů, jako jsou houby a bakterie. Čím je venku více tepla, vody a rozkladačů, tím rychleji se zbytky rostlin a živočichů rozkládají. (KUTÍLEK, KURÁŽ, CÍSLEROVÁ, 2000)

3.1.3 Složení půd

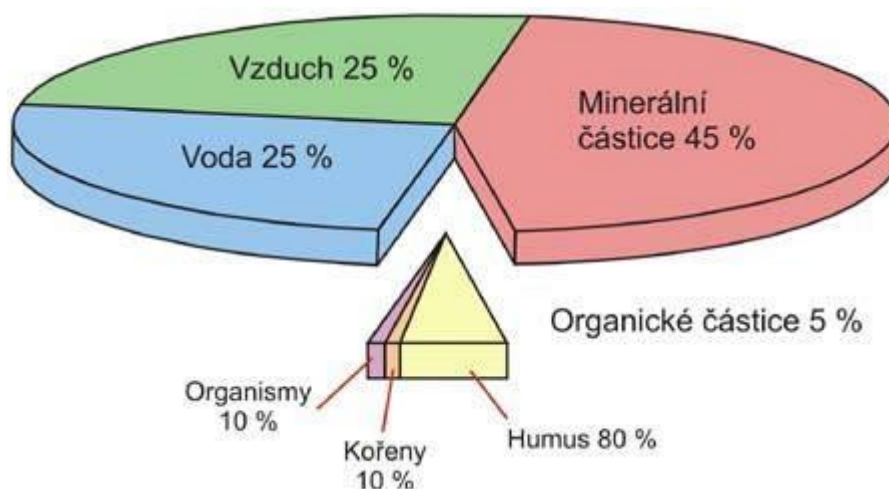
Složení půdy je jedním z významných faktorů ovlivňujících půdní vlastnosti. Složky a jejich vzájemné reakce v půdním prostoru předurčují fyzikální a chemické vlastnosti půd. Mezi jednotlivými půdními složkami probíhá přenos hmoty a energie. (MUČKOVÁ, KAPICA, 2015)

1) Pevná složka půdy vzniká rozpadem a rozkladem hornin. Půda obsahuje primární a sekundární (jílové) minerály. Do pevné složky půdy se zpravidla zahrnuje organická neživá (humus) a živá složka.

2) Kapalná složka půdy vyplňuje póry pevné složky, přičemž se volně pohybuje půdním prostorem pod vlivem gravitace a může dosáhnout až k podzemní vodě, nebo je vázána na povrch půdních částic jako adsorpční voda, či je vázána na půdní částice adhezními silami coby kapilární voda, takže může být spojena s hladinou podzemní vody. Půdní voda je obohacována o látky z pevné i plynné složky půdy a vzniká půdní roztok.

3) Plynná složka půdy vyplňuje póry pevné složky, kapalnou půdní složkou je přesunována a uzavírána v půdním prostoru. Půdní vzduch, díky dýchání půdních organismů a podzemních částí rostlin, obsahuje několikanásobně více oxidu uhličitého. Obsahuje i větší podíl vodní páry než vzduch nad úrovní terénu a jeho relativní vlhkost je větší. (MUČKOVÁ, KAPICA, 2015)

Obrázek 6: Přibližné zastoupení jednotlivých pudních složek, %



Zdroj: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/150/11890.jpg

3.2 Vlastnosti půd

Ten, kdo chce správně zpracovat a využívat půdu pro pěstování plodin, a také efektivně využívat zemědělskou techniku v souladu s požadavky na ochranu životního prostředí, musí vědět, že půda má své vlastnosti a charakteristiky, které ovlivňují plodnost, produktivitu, zvýšení výnosů. Vlastnosti půdy se obvykle dělí na fyzikální, chemické a biologické. (JANDÁK, 2014)

3.2.1 Fyzikální vlastnosti

Fyzikálními vlastnostmi půdy nazýváme také ty vlastnosti, kterými je možné půdu ohodnotit vizuálně nebo hmatem a určit půdní částice pomocí různých škál a stupnic - jejich tvar, velikost, sílu etc. Jsou také úzce spojené s prostorovým uspořádáním půdní hmoty a s kvantitativními a kvalitativními vlastnostmi. (KUTÍLEK, KURÁŽ, CÍSLEROVÁ, 2000)

1) Vlhkost půdy

Je charakterizovaná přítomností vody v jejím složení, jak ve vazném, tak ve volném stavu. Technologické vlastnosti půdy (včetně lepivosti, plasticity) jsou ovlivněny pouze volnou vodou, která se nachází v kořenech rostlin. S optimálním množstvím vlhkosti v půdě se snadno rozpadá na částice a pro její zpracování je zapotřebí minimální energie. Tento stav půdy se nazývá jeho fyzická zralost. Vlhkost stanovená rozborem půdních vzorků je tzv. přímou metodou měření. Existují i metody nepřímé, při kterých je měřena veličina, která je na vlhkosti funkčně závislá. (JANDÁK, 2014)

2) Barva půdy

Jedna z vnějších vlastností, podle níž je možno dát vizuálně půdě název. Zbarvení půdy závisí přímo na jejím chemické složení, podmínkách tvorby půdy, vlhkosti. Barva půdy je ovlivněna přítomností barvitých součástí, mezi něž patří sloučeniny železa (Fe) (zbarvují půdu žlutě, hnědě nebo červeně), sloučeniny manganu (Mn) (zbarvují půdu hnědočerně až nafialověle), uhličitan vápenatý a kaolinit (zbarvují půdu do běla, šeda nebo žluté), křemen a jílu (neurčité světlé zbarvení) a humus (zbarven hnědavě nebo černě). (FROUZOVÁ, FROUZ, HELINGEROVÁ, 2003)

3) Zrnitostní složení půdy

Půdní zrnitost je základní fyzikální vlastnost půdy a je ovlivňována zastoupením frakcí v půdě. Frakce je soubor půdních částic (zrn), které mohou mít různou velikost a ovlivňují tak pevnou minerální složku půdy. Zrnitost půdy je dána zastoupením jednotlivých, velikostně rozdílných minerálních částic. Základní dělení je na půdní skelet a jemnozemi. Pro půdy má největší význam jejich obsah v tzv. jemnozemi, tj. v sumě minerálních částic o velikosti pod 2 mm v průměru. U vzorků jemnozemi se také provádí většina půdních rozborů. Částice větší než 2 mm nazýváme skelet. Jemnozemi je

podstatnou složkou půdy, zahrnuje a ovlivňuje všechny základní půdní vlastnosti. Z toho důsledku se mechanické, zrnitostní, strukturní, chemické i biologické analýzy půdy stanovují na vzorkách jemnozeme a jejich výsledky charakterizují půdu jako celek. Postupně došlo k vytvoření různých systémů pro třídění částic dle jejich velikostí. Mezi nejjednodušší rozdělení patří stupnice, která rozlišuje kategorie na štěrk, písek, prach a jíl. (ŠARAPATKA, 2014)

Tabulka 1: Schéma zrnitostních frakcí

	Zrnitostní frakce	Velikost částic [mm]
Skelet	Balvany	větší než 300 mm
	Kameny	větší než 30 mm
	Štěrk	4 – 30 mm
	Hrubý písek	2 – 4 mm
Jemnozeme	Střední písek	2 – 0,25 mm
	Jemný písek	0,25 – 0,05 mm
	Hrubý prach	0,05 – 0,01 mm
	Střední a jemný prach (silt)	0,01 – 0,001 mm
	Jíl	pod 0,001 mm

Zdroj: MUČKOVÁ, KAPICA, 2015

Druh půdy je možné určit podle tzn. „zrnitostního trojúhelníku“ na základě podílu jednotlivých frakcí. Zde je však třeba mít k dispozici rozbor zrn dle charakteristik, které vidíme po stranách trojúhelníku. (VOPRAVIL, 2011)

Obrázek 7: Zrnitostní trojúhelník



Zdroj: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/runoff_cz/navmenu.php_tab_1_page_4.1.0.htm

4) Půdní pórovitost

Vyjadřuje podíl dutin mezi půdními částicemi (půdních pórů) z celkového objemu půdy. Obvykle se vyjadřuje v procentech a dosahuje nejčastěji hodnot 40 až 50 %. Ovlivňuje zadržování a pohyb vody v půdě (infiltrace) a provzdušnění půdy. Pórovitost půdy závisí především na půdní textuře a struktuře a na utužení půdy. (FROUZOVÁ, FROUZ, HELINGEROVÁ, 2003)

Podle velikosti dělíme póry na:

- Kapilární (do průměru 2 mm) - drží pevně vodu a způsobují její pohyb v půdě; Ve vlhké půdě jsou úplně nasycené vodou.
- Semikapilární (střední), vyplněné vzduchem nebo vodou podle meteorologických podmínek.
- Nekapilární (hrubé) - viditelné okem, jsou podmínkou výměny vzduchu v půdě neboť voda z nich odtéká působením gravitace. (KUTÍLEK, KURÁŽ, CÍSLEROVÁ, 2002)

5) Teplota půdy

Teplota půdy je jedním z významných činitelů ovlivňujících přezimování kulturních rostlin, jejich klíčení, zakořenění a výživu. Standardně je teplota půdy měřena v hloubkách 5, 10, 20, 50 a 100 cm půdními teploměry, umístěnými v půdním profilu pod

nízko sečeným trávnickem. Hlavním zdrojem tepla je pro půdu sluneční záření. Ohřátý půdní povrch předává teplo do hlubších půdních vrstev. Druh půdy, struktura a vlhkost ovlivňují její tepelnou vodivost. Rychlost biologických i chemických procesů je závislá na teplotě. Při nižší teplotě klesá. Pokud dojde k teplotě nižší než 0 °C, dochází k mrznutí vody a ke zvětšení jejího objemu. Tím dochází k trhlinám a puklinám různých velikostních rozměrů. Mrznutím vody dochází nejen ke zpomalení mikrobiálních procesů, ale i k ustávání aktivity půdních živočich. (JANDÁK, 2014)

6) Půdní struktura

Patří mezi nejdůležitější vlastnost půdy. Je daná stupněm, formou spojování a uspořádáním základních částic půdy do strukturních agregátů. Strukturní agregáty jsou prostoupeny póry, jež jsou významné pro zadržování vody. Půdní agregáty lze dělit podle jejich tvaru na: kulovité, polyedrické, hranolovité, sloupkovité nebo deskovité. (ŠPIČKA, 1964)

7) Měrná hmotnost půdy

Je hmotnost jednotkového objemu pevné fáze půdy bez pórů, tj. za předpokladu, že pevné částice dokonale vyplňují daný prostor. Definujeme ji také jako poměrné číslo, které udává, kolikrát je určité množství zeminy vysušené při 105 °C těžší než stejný objem vody při 4 °C. Měrná hmotnost závisí na obsahu různých minerálů a organických látek (humusu). Nejvíce zastoupeným nerostem v minerálním podílu většiny půd je křemen. Průměrná měrná hmotnost půdy je proto blízká jeho měrné hmotnosti, tj. 2,65 g.cm⁻³. Tuto hodnotu snižuje větší obsah humusu, naopak ale zvyšuje obsah těžkých minerálů. Hodnotu měrné hmotnosti potřebujeme k výpočtu půdní pórovitosti. (FROUZOVÁ, FROUZ, HELINGEROVÁ, 2003)

8) Objemová hmotnost půdy

Jedná se hmotnost objemové jednotky půdy v neporušeném stavu, tj. s póry vyplněnými momentním obsahem vody a vzduchu. Její hodnota je závislá na měrné hmotnosti, na podílu pórů v půdě a míře jejich zaplnění vodou. Hodnota je nestálá, mění se během roku v závislosti na vlhkostrních poměrech v půdě. Objemová hmotnost minerálních půd kolísá mezi 0,8 – 1,8 g.cm⁻³, u organických půd většinou mezi 0,2– 0,3 g.cm⁻³. (JANDÁK, 2014)

Objemová hmotnost suché půdy (rd) (objemová hmotnost redukována) je hmotnost jednotkového objemu vysušené půdy. Je to hodnota stálější a ve svrchních vrstvách půdy se pohybuje v rozmezí 1,2 – 1,5 g.cm⁻³. Směrem do spodiny tato hodnota vzrůstá. Indikuje kyprost nebo ulehlost půdy a je potřebná pro výpočet pórovitosti. (JANDÁK, 2014)

Objemová hmotnost vlhké půdy (objemová hmotnost neredukovaná) je závislá na půdní vlhkosti a nemůže být tedy konstantní hodnotou. Mění se v průběhu roku, stejně jako pórovitost, v důsledku bobtnání a smršťování půdy při změnách vlhkosti. Směrem do hloubky půdního profilu má tendenci narůstat. (FROUZOVÁ, HELINGEROVÁ, 2003)

9) Infiltrace půdy

Infiltrační schopnost půdy představuje jeden z významných faktorů při ochraně půdy před vodní erozí. Pod pojmem infiltrace rozumíme proces, při kterém se voda vsákne nebo je pohlcena půdou, a rychlost tohoto procesu označujeme jako rychlost infiltrace. Z rychlosti infiltrace lze stanovit hydraulickou vodivost půdy. Celkový objem nasáklé vody se nazývá kumulativní infiltrace. (ŠPIČKA, 1964)

10) Penetrační odpor

Penetrační odpor je odpor půdy proti vnikání kovového kužele, v definovaných rozměrech, rovnoměrným pohybem do půdy. Utuženost půd je možno zjistit pomocí polního penetrometru. Velký význam při zjišťování penetračního odporu má také vlhkost půdy. (JANDÁK, POKORNÝ, PRAX, 2010)

11) Tahový (orební) odpor

Jedná se o sílu potřebnou k tažení pluhu při práci. Na tahový odpor má významný vliv zrnitost, struktura a vlhkost půdy. Zvyšování tahového odporu je ovlivněno velkým zastoupením jílových částic v půdě. (JANDÁK, 2014)

3.2.2 Chemické vlastnosti

Chemické vlastnosti půdy zahrnují chemické složení půd a různé procesy probíhající v půdě a zásahy člověka. K procesům patří přeměna minerálních a organických látek, sorpce a desorpce, na rozhraní pevné půdní fáze s půdním roztokem, transport rozpuštěných látek i jemných suspenzí v půdě a odčerpávání rozpustných živin v kořincích rostlin. Působení člověka na změnu půdních vlastností, tedy i chemismu půdy, se

uskutečňuje změnou původní biologické formace a střídáním plodin, agrotechnikou, meliorací půd, aplikací agrochemikálií (hnojiva, vápnění, pesticidy apod.) (JANDÁK, POKORNÝ, PRAX, 2010)

1) Půdní koloidy

Koloidy jsou nejmenší půdní částičky, do velikosti 2 mm, důležité svým dipólovým charakterem. Pod pojmem koloidy se rozumí látky, které se vzhledem ke svému objemu vyznačují velkým specifickým povrchem. Ve srovnání s hrubým pískem je vnější povrch koloidního jílu při stejné hmotnosti nejméně 1000 krát větší. Koloidy v půdě ovlivňují koncentrace Iontů, pH, změny vlhkosti a teploty. Vyvolávají procesy peptizace a koagulace. Dalšími významnými faktory, na které mají vliv, jsou agronomické a technologické vlastnosti. (ŠPIČKA, 1964)

2) Reakce půdy

Pod půdní reakcí se rozumí koncentrace vodíkových iontů v půdním roztoku, schopnost půdních částic přitáhnout k sobě různé živiny. Jejich poměr a množství určují kyselost půdy. Na rozpustnost různých sloučenin, sílu vazby výměnných iontů a aktivitu mikroorganismů má vliv, jestliže je půda kyselá, neutrální nebo alkalická. Vodíkové ionty se v půdě mohou nacházet v půdním roztoku nebo jsou ve výměně sorbovány půdními koloidy. Proto podle umístění vodíkových iontu se dělí půdní reakce na aktivní a potencionální (výměnná nebo hydrolytická). (JANDÁK, POKORNÝ, PRAX, 2010)

Tabulka 2: Rozdělení půd podle aktivní a výměnné půdní reakce

Reakce	pH/H ₂ O	pH/KCl
Silně kyselá	ménšší než 4,9	ménšší než 4,5
Kyselá	4,9 – 5,9	4,5 – 5,5
Slabě kyselá	5,9 – 6,9	5,5 – 6,5
Neutrální	6,9 – 7,2	6,5 – 7,2
Slabě alkalická	7,2 – 8,0	
Alkalická	8,0 – 9,4	
Silně alkalická	většší než 9,4	

Zdroj: Šarapatka, 2014

Půdní reakce ovlivňuje téměř všechny procesy v půdě, a to jak při vzniku půd – při zvětrávacích a půdotvorných procesech, tak později i po vytvoření půd. Je to významný faktor, který ovlivňuje plodnost půdy. A především ovlivňuje propojení a rozpustnost živin, ovlivňuje strukturální stav půdy a na tom závisí růst a vývoj rostlin. (MUČKOVÁ, KAPICA, 2015)

3) Chemické složení půd

V půdě i zemské kůře je mnoho jednotlivých prvků, které slouží pro růst rostlin a život organismů. V půdě je nejvíce zastoupen kyslík, křemík, hliník, železo, vápník, sodík. Ostatní prvky se vyskytují v poměru méně než 1 %. V následující tabulce je uvedeno průměrné složení půd. (MUČKOVÁ, KAPICA, 2015)

Pro rostliny využitelné prvky jako je vápník, hořčík, draslík a fosfor se uvolňují z mateční horniny v závislosti na způsobu zvětrávání. Prvky jsou důležité pro výživu rostlin. Poté bývají dodávány ve stanovených dávkách podle požadovaného výnosu pěstované plodiny, neboť jsou v půdě obsaženy pouze v desetinách procent. Prvky lze dělit na mikrobiogenní a makrobiogenní. (MUČKOVÁ, KAPICA, 2015)

Tabulka 3: Průměrné elementární složení půd [hmotnostní %]

Prvek	%	Prvek	%	Prvek	%
Kyslík	49,0	Sodík	1,1	Mangan	0,08
Křemík	33,0	Hořčík	0,8	Síra	0,04
Hliník	6,7	Draslík	1,8	Uhlík	1,40
Železo	3,2	Titan	0,5	Dusík	0,20
Vápník	2,0	Fosfor	0,08	Měď	0,002

Zdroj: PRAX, A. a kol., 1995

4) Obsah humusu

Humus je velmi významnou organickou složkou půdy. Představuje soubor všech neživých organických látek, které do půdy přidáváme nebo které jsou v půdě již obsaženy.

Z chemického hlediska se jedná o soubor tmavě zbarvených organických dusíkatých polyfunkčních látek kyselinové povahy, převážně koloidního charakteru, vysoké molekulové hmotnosti. Jsou relativně odolné vůči mikrobiálnímu rozkladu.

Humusotvorným materiálem jsou čerstvě odumřelé části rostlin či celé rostliny, živočiši a mikroorganismy, a to včetně produktů jejich metabolismu. (ŠPIČKA, 1964)

Humus ovlivňuje téměř všechny vlastnosti půdy. Je zdrojem dusíku, fosforu a síry, a protože uhlík a dusík jsou jeho základními stavebními prvky, jejich poměr C : N = 10 je považován za optimální a se zvětšující se hodnotou uvedeného poměru se kvalita humusu snižuje. (FROUZOVÁ, HELINGEROVÁ, 2003)

Tabulka 4: Třídění půd podle obsahu humusu

Půda	lehké [hm. %]	střední a těžké[hm. %]
Bezhumózní	0	0
Slabě humózní	ménší než 1	ménší než 2
Středně humózní	1 – 2	2 – 5
Silně humózní	větší než 2	větší než 5

Zdroj: Šarapatka, 2014

Obsah humusu v půdě odpovídá za růst a další rozvoj rostlin. Obsah lze odhadnout podle barvy půdy. Půdy s nízkým obsahem humusu jsou světlé, s přibývajícím množstvím humusu je barva tmavší až šedočerná. Čím vyšší je toto procento, tím vyšší je plodnost. Obsahuje-li velké množství humusu, půda má větší hodnotu. Nejvyšší obsah humusu v půdě je pozorován u černozemů. (FROUZOVÁ, HELINGEROVÁ, 2003)

3.2.3 Biologické vlastnosti

Půda je hlavním zdrojem mikroorganismů ve vodě a ve vzduchu. Maximální počet mikroorganismů je pozorován v hloubce 10-25 cm, kde v 1 g půdy jich je miliony až stovky milionů. Při prohlubování se do půdy (začínající na 25 cm) se jejich počet rovněž snižuje a v hloubce 2 až 4 m (pokud není půda kontaminována), téměř neexistují žádné mikroorganismy. (KUTÍLEK, KURÁŽ, CÍSLEROVÁ, 2000)

3.3 Degradace půdy

Půda je vyčerpateľným přírodním zdrojem a neobnovuje se. Nejdůležitější a nenahraditelnou hodnotou je plodnost půdy, díky čemuž rovněž získává schopnost poskytovat rostlinám živiny. I přes zásadní úlohu, kterou hraje půda v životě lidí, se

zhoršuje rozložení půdních zdrojů na celém světě, a to z důvodu nesprávné metodě řízení, demografickým tlakům, které vedou k nestabilnímu zesílení a nedostatečnému řízení tohoto cenného zdroje. (ŠARAPATKA, BEDRNA, 2002)

V širším slova smyslu je degradace půdy procesem, jenž degraduje plodnost půdy. V úzkém slova smyslu je degradace půdy proces destrukce struktury, ztráty humusu a výměnných bází. Termín „degradace půdy“ zahrnuje proces zhoršení půdních vlastností a jejich kvalitu.

Mnohé z těchto procesů degradace půdy jsou současně i přírodní procesy tvorby půdy. Procesy degradace půdy jsou nepříznivými změnami půdních vlastností, v porovnání s jejich optimálním stavem, které jsou nezbytné pro uspokojení potřeb populace. Patří mezi ně snížení obsahu organických látek v půdě, změny teploty půdy a způsoby vyluhování slinutých částic, koloidů a loužení. (NOVÁČEK, HUBA, 1994)

K dispozici jsou následující nejdůležitější typů degradace půdy:

- 1) eroze;
- 2) dezertifikace;
- 3) podmáčení;
- 4) zasolení;
- 5) chemická kontaminace (těžké kovy, PCB, hnojiva, ropné produkty);
- 6) okyselení (kyselá dešť);
- 7) zhutňování (mechanizovaným zemědělstvím);
- 8) zábor (např. rozptýlenou zástavbou, komunikacemi).

3.3.1 Eroze půdy

Eroze - proces zničení krytu půdy a zničení jeho částic proudem vody (vodní eroze) nebo větru (větrné eroze, deflace). V přírodních podmínkách dochází k erozi půdy neustále, ale zpravidla pomalu a nezasahuje do alarmujících rozměrů. Přirozená eroze půdy je do značné míry spojena s klimatickými rysy regionu, zatímco lidské činnosti v pěstování plodin mohou výrazně urychlit přirozené procesy. (BRTNICKÝ, 2012)

Při erozi půdy se úrodnost půdy a produkce pastvin významně snižují. Zčervenání a erozí půdy vede k vytváření vpustů a roklín na zemědělských pozemcích, v jejichž přítomnosti je bráněno nejen pěstování půdy a používání strojního zařízení, ale také velké

plochy orné půdy jsou vyřazovány ze zemědělského oběhu. Vliv půdní eroze - prolnutí řek a nádrží, zhoršení stavu lužních ploch. (ŠARAPATKA, BEDRNA, 2002)

Rychlost poškození povrchové vrstvy je ovlivněna následujícími faktory:

1) Vlastnosti klimatu

Vývoj vodní eroze je typický pro oblasti s prodlouženými přivalovými dešti a rychlým příchodem jara, doprovázené prudkým táním velkého množství sněhu. Díky tomuto velkému množství vody eroduje půdu a vede k poškození cenné plodné vrstvy. Větrná eroze je typická pro nízkopodlažní oblasti se suchým klimatem, a to kvůli malému množství srážek, neboť se zem rychle vysuší. (DAMOHOŘSKÝ, FRANKOVÁ, SOBOTKA, 2017)

2) Vlastnosti reliéfu

Rychlost eroze závisí přímo na strmosti a rozsahu svahů, navíc na konvexních svazích se destruktivní procesy vyvíjejí rychleji než na konkávních plochách. Na rovinách se eroze rozvíjí rychleji, protože je zde minimální vegetační pokryv. (BRTNICKÝ, 2012)

3) Vlastnosti půdy

Vlastnosti půdy také hrají důležitou roli v rychlosti erozivních procesů. Nejstabilnější je černozemě, taková půda prakticky není zvětrávána a nerozmazává se. Serózová, jílovitá a písčité půdy je na druhé straně charakterizována nejmenším odporem a při určitých podmínkách se rychle zhoršuje. (BRTNICKÝ, 2012)

4) Přítomnost vegetační vrstvy

Kořeny rostlin zaručují spolehlivou ochranu proti vodě a větru, navíc i rychlé vstřebávání vlhkosti a zabraňují vysušení půdy i za horkého počasí. Vysoké stonky rostlin také zabraňují zvětrávání půdy, protože rychlost větru v blízkosti země se snižuje. (ŠARAPATKA, BEDRNA, 2002)

5) Hospodářská aktivita člověka

Hospodářská aktivita lidí zůstává jedním z nejvíce ničivých faktorů. Nekontrolovaná pastva na stejných územích, orba pozemků s porušením pravidel střídání plodin, rozvoj ložisek-to vše vede k poškození půdní vrstvy a je obtížné dosáhnout její obnovy. (BRTNICKÝ, 2012)

3.3.2 Dezertifikace půdy

Pouště na Zemi zabírají 42 miliónů km² a pokrývají 28,5 % povrchu pevniny, včetně pouští polárních, např. Antarktidy a Grónska. Přírodní podmínky, zejména sucho a nedostatek srážek, ale také dlouhodobý tlak lidí, vedou k tomu, že ve velkých částech jižní Evropy dochází k tzv. dezertifikaci, neboli šíření pouští. VOPRAVIL, (2011)

Během procesu dezertifikace se ze životaschopné půdy, v dobrém stavu, vytrácejí živiny do takové míry, že v ní není možný život a může být dokonce odváta. Pouště se neustále rozšiřují z důvodu nesprávného obdělávání, nadměrného pasení, kácení stromů a dřevin, ničení tropických pralesů a změn klimatu. Podle výzkumů bylo ještě před 5 až 7 tisíci lety území dnešní Sahary poměrně úrodnou oblastí, vhodnou pro pěstování plodin a pastevectví. (ŠARAPATKA, BEDRNA, 2002)

3.3.3 Podmáčení půdy

Podmáčení půdy je proces vytvrzování půdy. Horní vrstva půdy je zaplavena velkým množstvím vody. Dále může být tato voda absorbována hluboko do země. Může zůstat i na zemském povrchu, a to tehdy, pokud je podzemní vodní plocha v dané oblasti poměrně vysoká. Při dlouhodobém podmáčení dochází k poškození povrchu půdy. (NOVÁČEK, HUBA, 1994)

Je třeba poznamenat, že ve většině případů dochází k zanášení území v nížinách, neb hladina podzemních vod je poměrně vysoká. Rovněž místa podél řek podléhají tomuto procesu, a to vše kvůli podzemní vodě. Právě bažiny často vznikají v záplavových oblastech řek.

Faktory, které vyvolá proces podmáčení půdy: zvýšení hladiny podzemní vody; velké srážky; tok řeky mimo své koryto, nedostatečná úroveň odpařování vlhkosti; používání těžkých zemědělských strojů (narušuje horní vrstvu půdy); výstavba špatně zvážенých zavlažovacích systémů. (DAMOHORSKÝ, FRANKOVÁ, SOBOTKA, 2017)

3.3.4 Zasolování půdy

Degradace půdy vzniká jako výsledek slanosti. Ve větším smyslu jde o proces nadměrné akumulace ve vodě rozpustných solí, včetně akumulace iontů sodíku a hořčíku v komplexu absorbujícím půdu. Přirozeně se tento jev vyskytuje v aridním prostředí. Je spojen s vyšším obsahem solí v půdním roztoku, podzemních vodách, závlahové vodě či

průmyslových hnojivech. Původ zasolení vychází nejčastěji z primárních minerálů. (NOVÁČEK, HUBA, 1994)

Problém zasolování půd je často spojován s nadměrným užíváním minerálních hnojiv a agrotechniky, nebo nadměrnou pastvou. Se salinizací tak souvisí i procesy eroze a následně i dezertifikaci půdy. K nim vede, kromě jiných faktorů, také nadměrné spásání trav a vypalování křovin, kdy je povrch země pravidelně zbavován vegetace a dochází tak k intenzivnějšímu výparu vody. (NOVÁČEK, HUBA, 1994)

3.3.5 Chemická kontaminace půdy

Kontaminace půdy je způsobena zvýšeným obsahem potenciálně rizikových látek v půdním prostředí, zpravidla antropogenního původu, jakými jsou rizikové prvky, perzistentní organické polutanty, radioaktivní prvky, kyanidy a jiné chemikálie.

Z větší části má negativní předpoklady pro chemickou změnu charakteristik půdy lidská aktivita. Mezi hlavní faktory tohoto druhu lze vyzdvihnout práci průmyslových podniků, zemědělských činností a veřejných služeb. Jedná se o hlavní příčiny kontaminace půdy, která znemožňuje její využívání za účelem pěstování rostlin. Například průmysl nepřímo přispívá k srážení kyselých dešťů a skleníkový efekt je výsledkem z činnosti chovů dobytka. Zásoby s nebezpečným odpadem mají také značný dopad na chemické poškození. (BRTNICKÝ, 2012)

3.3.6 Okyselování půdy

Změna kyselých vlastností (zvýšení kyselosti, tj. snížení pH) půdy způsobené přírodními procesy tvorby půdy, příjmem znečišťujících látek, zaváděním fyziologicky kyselých hnojiv a jinými typy antropogenního dopadu. (ŠPIČKA, 1964)

Většina rostlin roste dobře pouze při určité hodnotě pH v půdě. Na velmi kyselých půdách se daří jen málo specializovaných druhů. Hodnoty pH charakterizují množství volných vodíkových iontů přítomných v půdě. (ŠARAPATKA, BEDRNA, 2002)

Písčité půdy jsou méně chráněny před faktory, které způsobují okyselování půdy. Vedle přirozených příčin, jako je měnící se počet volných iontů H^+ : je i okyselení půdní aplikace hnojiv a kyselá deště. (ŠARAPATKA, BEDRNA, 2002)

3.3.7 Zhutnění půdy

Zhutnění neboli utužení půdy (kompakce či pedokompakce) způsobuje degradaci fyzikálních vlastností půdy, kdy dochází k jejímu stlačení a tvorbě krust na povrchu.

Zhutnění negativně ovlivňuje zejména produkční funkci půdy. Pro vysoce produktivní vývoj rostlin je požadován následující poměr mezi hlavními částmi půdy: tuhé částice - 50%, voda - 30% a vzduch - 20%. Pokud je půda znovu zhutněna, výtěžnost prudce klesá, a tím se zrychluje její povrchový odtok. Nastává zde větší riziko povodní a záplav a zvyšuje se eroze. Je to proto, že nadměrně kompaktní půda absorbuje vlhkost špatně. (BRTNICKÝ, 2012)

V ČR je zhutněním ohroženo 40 % zemědělské půdy. Hlavní příčinou jsou jízdy těžkých zemědělských strojů a lesní techniky, jako jsou traktory nebo kombajny, zejména za vlhkého počasí, neboť mokrá půda je k utužení náchylnější. Dalšími příčinami je i intenzivní zavlažování půdy a nesprávné zemědělské postupy. (BIČÍK, 2009)

3.3.8 Zábory půdy

Člověk půdu od nepaměti využívá ke stavbě obydlí, silnic, obživě, rekreaci i k jiným účelům. V některých případech dochází k nenávratné ztrátě půdy, tedy k jejímu trvalému zničení, např. zastavením pole obytnou zónou, nákupním střediskem nebo výstavbou dálnice. Tím půda ztrácí svůj produkční význam. (BIČÍK, 2009)

V ČR klesá podíl zemědělské půdy na celkové rozloze státu nejrychleji ve srovnání se sousedními zeměmi. Dlouhodobě klesá zejména podíl orné půdy, a to především na periferiích měst, kde obvykle rostou skladové komplexy a průmyslové zóny. (BRTNICKÝ, 2012)

3.4 Zastoupení půd v ČR

3.4.1 Půdní druhy

Půdní druhy rozlišujeme podle velikosti zrn; na základě zrnitosti, tedy poměru skeletu a jemnozeme. Výsledný druh půdy závisí především na druhu matečné horniny, ze kterého půda vzniká a na způsobu zvětrávání. S velikostí zrn je také spojena schopnost půdy propouštět vodu. Půdní druhy se dělí na: (VOPRAVIL, 2011)

1) Štěrkovité a kamenité půdy

Štěrkovité půdy obsahují více než 20% skeletu a kamenité více než 50%. Na půdě, která je chudá na živiny, rostou pouze nenáročné rostliny. Jsou zemědělsky málo využívané, patří sem lesní půdy horských oblastí a náplavové půdy okolo řek. (BIČÍK, 2009)

V ČR se vyskytují: Krokonoše, Jeseníky, Krušné hory, Šumava.

2) Lehké půdy

Jsou půdy písčitého charakteru, které nejvíce obsahují částice o velikostech 0,1-2 mm. Lehké půdy mají vysoký obsah vody a půdního vzduchu, ale také rychle vysychají. Tento půdní druh obsahuje málo živin, a proto se v zemědělství příliš nevyužívají. Vyskytují se dva typy lehkých půd: (BIČÍK, 2009)

a) písčité půdy, obsahují maximálně 10% jílovitých částic.

V ČR se vyskytují: Polabí, dolní Pomoraví (hlavně v okolí řek).

b) hlinitopísčité půdy, obsahují 10 – 20 % jílovitých částic a pro zemědělství jsou vhodnější.

V ČR se vyskytují: Českomoravská vrchovina, podhůří České Vysočiny.

3) Střední půdy

Jsou půdy hlinitého charakteru, obsahují částice o velikostech 0,01-0,1 mm. Střední půdy jsou dobře propustné pro vodu i půdní vzduch a obsahují tedy dostatek živin. Z tohoto důvodu jsou pro zemědělství nejvhodnější. Existují dva typy středních půd: (BIČÍK, 2009)

a) písčitohlinité půdy, obsahují 20 – 30 % jílovitých částic, vznik na růlach.

V ČR se vyskytují: Českomoravská vrchovina, podhůří České Vysočiny, Beskydy.

b) hlinité půdy, obsahují 30 – 45 % jílovitých částic a pro zemědělství jsou nejvhodnější.

V ČR se vyskytují: Polabí, Poohří, Pomoraví, Podyjí, Poodří.

4) Těžké půdy

Jsou půdy jílovitého charakteru, převládají v nich částice menší než 0,01 mm. Těžké půdy jsou špatně propustné pro vodu i vzduch, mají nadbytek jílovitých částic, ale

v zemědělství se využívají omezeně. Existují tři typy těžkých půd: (KUTÍLEK, Václav KURÁŽ, CÍSLEROVÁ, 2000)

a) jílovitohlinité půdy, obsahují 45 – 60 % jílovitých částic a pro zemědělství jsou využitelné.

V ČR se vyskytují: oblast okolo ř. Berounky, sever a střed Moravy, jich Čech.

b) jílovité půdy, obsahují 60 – 75 % jílovitých částic.

V ČR se vyskytují: Poohří, Česká tabule, Podyjí.

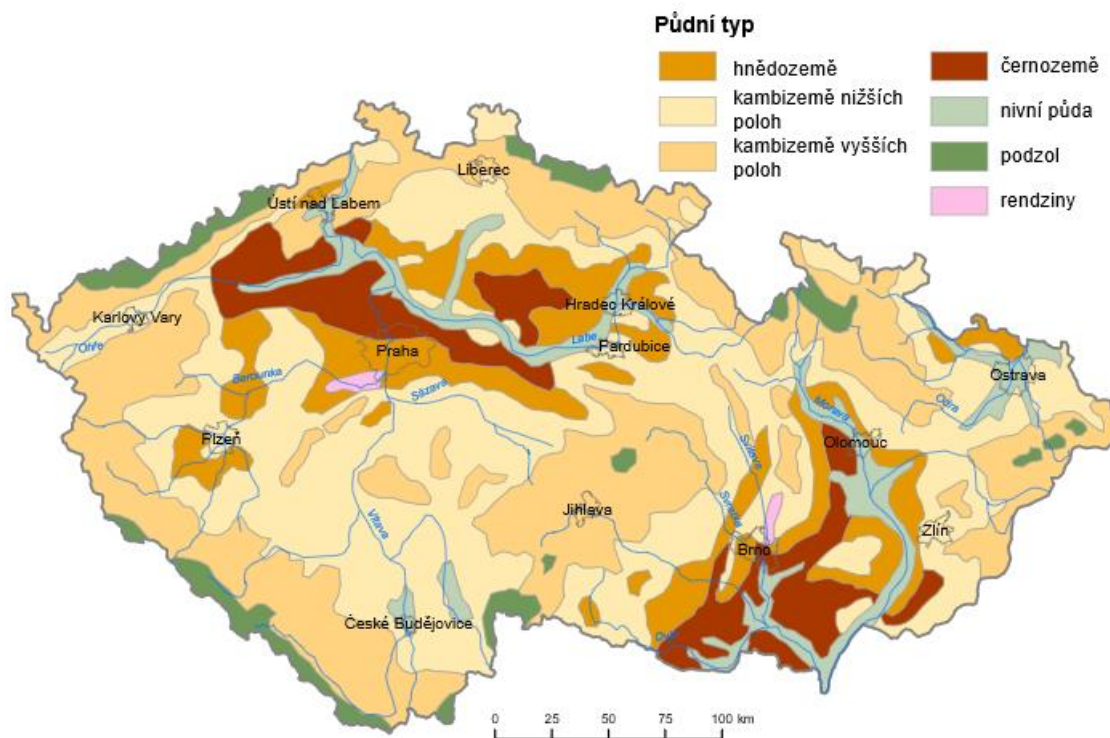
c) jíly, obsah jílovitých částic nad 75% a v zemědělství nevyužitelné.

V ČR se vyskytují: Poohří, Česká tabule, Podyjí.

3.4.2 Půdní typy

Půda je řazena do stejného typu, pokud má shodné diagnostické horizonty, tím rozumíme například mocnost humusové vrstvy. Půdní typ zahrnuje skupinu půd charakterizovaných stejnou stratografií půdního profilu; určitým zastoupením, mocností, umístěním půdních horizontů. Půdní typy rozlišujeme pomocí kategorizační jednotky Taxonomického klasifikačního systému půd ČR.

Obrázek 8: Typy půd v ČR



Zdroj: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/js17/cesko_atlas/web/index.html

1) Černozemě.

Černozem je jednou z nejvíce úrodných půd. Jedná se o hlubokohumózní půdy (> 30 cm) s tmavým černickým horizontem. Černozem je tvořena pouze přírodou. Není možné vyrábět umělou černozem pomocí různých hnojiv. Původní vegetací byly stepi a lesostepi. Potřebné podmínky pro její vytvoření: periodická vlhkost a teplotní změny. Půda je vhodná pro živé organismy a bezobratlé, či víceleté travní porosty. (KUTÍLEK, Václav KURÁŽ, CÍSLEROVÁ, 2000)

Je využívána pro zemědělskou produkci a tvoří 11 % zemědělských půd v ČR.. Nachází se prakticky ve všech částech ČR s výjimkou jižních a západních Čech, Českomoravské vysočiny a Ostravska. Největší zastoupení má na jižní Moravě a dále ve středních a severních Čechách. (KUTÍLEK, Václav KURÁŽ, CÍSLEROVÁ, 2000)

Černozem se vyznačují bohatým obsahem humusu (v ornici 1,9 – 3,0 % humusu), živin, zrnitou nebo hrudkovou strukturou, vysokým (až 70%) obsahem vápníku, obrovským počtem mikroorganismů vhodných pro rostliny a vynikajícími vlastnostmi vody a vzduchu. Pěstuje se na ní pšenice, kukuřice, cukrová řepa, vinná réva, ovoce a zelenina, chmel. V černozemí jsou užitečné huminové kyseliny (směs organických sloučenin), které jsou nejcennějším podílem humusu, snadno totiž absorbuje kořeny rostlin. Půdní reakce je neutrální až slabě alkalická, sorpční komplex je nasycený až plně nasycený. (BIČÍK, 2009)

2) Kambizemě

Nejrozšířenější půdní typ v ČR, ty tvoří 45 % půd a nacházejí se v různých nadmořských výškách. Nejvyšší zastoupení v jižních a západních Čechách a jižních Čechách. (VAŠKŮ, 2008)

Půdy jsou s kambickým horizontem, jenž vznikl v důsledku hnědnutí. Zbarvení kambického horizontu je vždy hnědší než zbarvení půdotvorného substrátu. Původními porosty kambizemě byly doubravy a bučiny, případně ve vyšších polohách smíšené lesy. Stejně tak, jak jsou rozdílná místa výskytu kambizemí, jsou rozdílné i jejich vlastnosti. Ze zemědělského hlediska je jejich využití komplikováno častým umístěním na svazích, které jsou náchylné k erozi a dále malou mocností profilu a vysokým obsahem skeletu. Pro

většinu kulturních rostlin mají také nepříznivé pH. To však lze upravit pomocí vápnění. Jsou vhodné pro pěstování brambor a lnu. (JANDÁK, POKORNÝ, PRAX, 2010)

3) Podzol

Půdní typ vyskytující se v nižších polohách (do 600 m) na minerálně chudých písčích, šterkopísčích a pískovcích, pod borovými lesy, ve vyšších polohách na lehkých substrátech. Hnědé půdy se vyskytují zejména ve východních Čechách (oblast Krkonoš a Orlických hor) a dále v severních Čechách (Krkonoše a Jizerské hory) a na Šumavě. (VAŠKŮ, 2008)

Takové půdní skupiny jsou tvořeny velkým množstvím srážek a častými mrazy. Jsou charakterizovány vysokou vlhkostí horní vrstvy a nejsou vhodné pro pěstování rostlin. Prakticky nemají horizont humusu, jsou silně kyselé (pH = 4,0-4,5). Jsou charakterizovány malým obsahem dusíku, fosforu, draslíku a dalších složek výživy. Humus v těchto půdách je malý, takže nemá plodné vlastnosti. (BRTNICKÝ, 2012)

4) Hnědozem

Jedná se rovněž o agronomicky velmi kvalitní půdu. Je to druhý nejrozšířenější půdní typ na území České Republiky (1/5 plochy ČR). Jako půdní typ hnědozem je označováno asi 13 % zemědělské půdy. Nejvyšší zastoupení na jižní Moravě, východních a středních Čechách a na severní Moravě, a s nejmenšími v jižních Čechách. (BIČÍK, 2009)

Hnědozem se nachází v oblastech mírného klimatu, původně v listnatých lesech. Obsahuje humusový horizont do 30 cm. Hlavním půdotvorným procesem je Ilimerizace. Jsou to úrodné půdy, slabě kyselé až neutrální. Vyskytují se např: ve střední Evropě a pro dostatek humusu se řadí ke středně úrodným půdám. V zemědělství se využívají pro pěstování obilnin. (JANDÁK, POKORNÝ, PRAX, 2010)

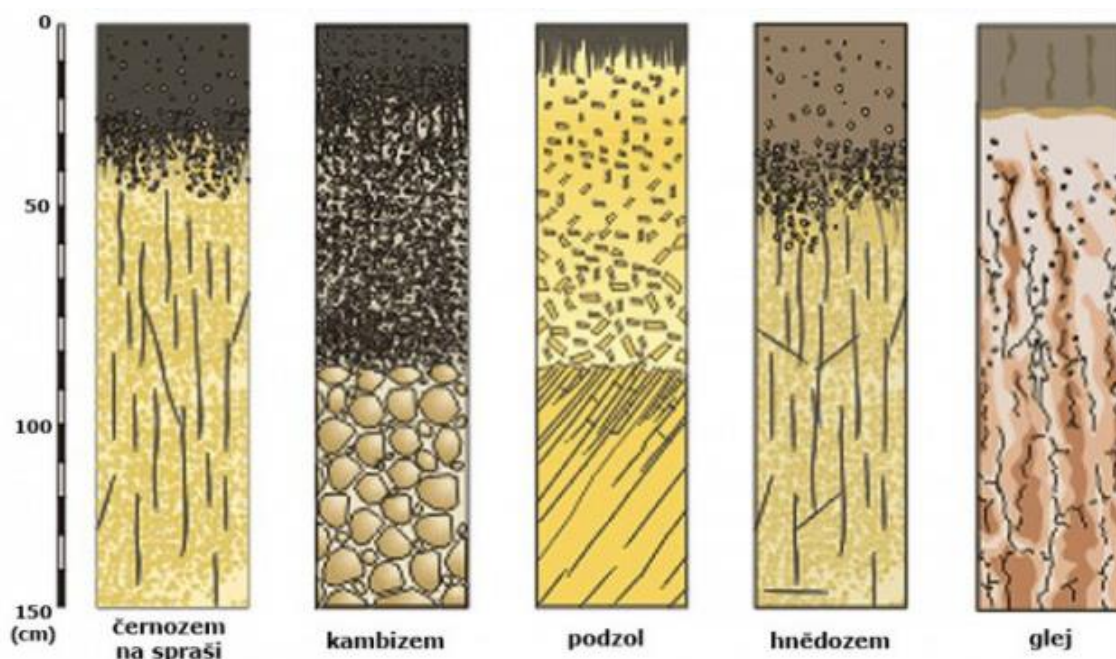
5) Glej

Jedná se o typ hydromorfních půd, které se vyskytují v podmínkách trvalého ovlivnění vysokou hladinou podzemní vody. Celková výměra těchto půd činí v rámci České Republiky 4,4 %. Na jejich výměře se nejvíce podílely jižní a západní Čechy, a jižní Morava. (VAŠKŮ, 2008)

Půda je občas zcela prosycená vodou; nastává v ní redukce sloučenin železa, což vyvolává charakteristickou skvrnitost půdy. Vyskytují se na zamokřených místech; spíše

ve spodních vodách. Glejové půdy má modrozelenou barvu. Na glejích roste pouze hydromorfní vegetace. (JANDÁK, POKORNÝ, PRAX, 2010)

Obrázek 9: Profily hlavních půdních typů na území České Republiky



Zdroj: <https://suddenspoiling.webnode.cz/studium/pestovani-rostlin/co-pusobi-na-tvorbu-struktury-pudy/>

3.5 Pomocné půdní látky

Půda slouží jako základní výrobní prostředek s neobnovitelným přírodním zdrojem. Především kvůli zemědělství, kde slouží pro člověka jako zdroj potravy, je důležitá její ochrana. V současné době je do půdy dodáváno velice různých pomocných látek, které na jedné straně zlepšují její produkční funkce a na druhé minimalizuje negativní dopady ze strany člověka. Část látek můžeme označit jako pomocné půdní látky (dále jen PPL).

Za nejbežnější faktor, který limitují růst rostlin, považujeme nedostatek vody. Proto se již od 50. let 20.století vyvíjí pomocné půdní látky, které půdu ovlivňují fyzikálně, chemicky a biologicky, zlepšují její stav nebo zvyšují účinnost hnojiv, a pomáhají tím překonat suché období. (RICHTER, HLUŠEK, 1996)

3.5.1 Definice

Pomocné půdní látky jsou definovány podle zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd. Podle tohoto zákona za takové látky

považujeme látky bez určitého množství živin, které půdu chemicky, biologicky nebo fyzikálně ovlivňují, zlepšují její stav nebo zvyšují účinnost hnojiv.

Zákon dovoluje provádět do oběhu pouze ty hnojiva, která jsou registrována podle tohoto zákona; neohrožují úrodnost půdy ani zdraví lidí nebo zvířat; nepoškozují životní prostředí; splňují požadavky na jejich označování, balení a skladování, stanovené tímto zákonem a nejsou znehodnoceny. (RICHTER, HLUŠEK, 1996)

3.5.2 Dělení PPL

V současné době se stále častěji využívají pomocné půdní látky při zakládání a ošetřování všech typů trávníků, v případě zlepšení struktury a vlastností půdy, zemin a ostatních pěstitelných substrátů.

Ministerstvem zemědělství, pod položkou PPL, je v současné době evidováno 60 přípravků. Tyto přípravky lze rozdělit podle tří základních skupin. (JANDÁK, 2014)

- 1) Dle skupenství dělíme PPL na pevné (obvykle aplikovány pomocí rozmetadel minerálních hnojí) a kapalně (aplikovány pomocí postřikovačů nebo závlahových systémů).
- 2) Dle účinných látek dělíme PPL na: tepelně zpracované vulkanické horniny (vylehčují substrát, poutají vodu a živiny); mikroorganismy (obsahují bakterie, které napomáhají rozkladu organických zbytků a vázaní vzdušného dusíku); hydrogely (poutají vodu, jsou postupně přístupná pro rostliny, a dále poutají i živiny); hydrogely s minerální složkou (stejně jako u hydrogelu, ale jsou obohaceny o porovité horniny); části řas a rostlinné výtažky (ovlivňují fyzikálně-chemické vlastnosti substrátu a zlepšují příjem živin); inhibitor ureázy (omezují vyplavování živin pomocí zpomalování rozkladu N-sloučenin); a ostatní PPL.
- 3) Dle původu dělíme PPL na: minerální materiály bez organických látek (písky, štěrkopísky, škvára, drcená láva, bentonit, zeolit aj.); minerální látky s obsahem organických látek (cukrovarské kaly, čistírenské kaly, skrývka ze stavenišť aj.); materiály s vysokým obsahem organických látek (rašeliny, rašelinové zeminy, kompost aj.); syntetické půdní zlepšovače (perlit, keramzit, pěnové polystyreny, silikáty, hydroabsorbenty, polymerní disperze na bázi polyvinylacetátu, mykorrhizní přípravky, smáčedla, bioalgináty aj.).

3.5.3 Příklady PPL v pro úpravu půdních vlastností.

V současné době je trendem rozvoje vyspělých zemědělských společností touha po dosažení maximální ekonomizace všech procesů, za současného snižování negativního zasažení do přírodního prostředí. Na trhu existuje množství různých PPL, které mají za cíl zlepšit půdní vlastnosti. Tato kapitola byla věnována popisu vybraných zástupců různých mechanismů, některé z těchto PPL byly aplikovány v polních pokusech ve firmě Agrovýzkum Rapotín s.r.o.

1) Lignit

Lignit představuje nejmladší typ uhlí, obsahuje nízký obsah uhlíku a je tvořen z více jak 50 % vody. V lignitu existují huminové kyseliny, které pozitivně ovlivňují klíčení semen, regulování dostupnosti množství živin, imobilizovat těžké kovy, podporovat růst kořene, či svrchní části rostlin, zvýšit úrodnost apod. (JIRÁSEK, SIVEK, LÁZNIČKA, 2010)

Lignit neboli jiným názvem, hnědé uhlí. Mezinárodní hranice mezi hnědým uhlím a lignitem nebyla stanoven. V praxi je lignit nazýván jako hnědé uhlí, ale v ČR je vykazován samostatně.

Lignit má tmavě hnědou nebo černou barvu, je tvořen z organických zbytků pod tlakem a zvýšené teploty v hloubce asi 1 km. Ve vzduchu lignit rychle ztrácí vlhkost a mění se na prášek.

Obrázek 10: Lignit



Zdroj: JIRÁSEK, SIVEK, LÁZNIČKA, 2010

Díky svým vlastnostem má lignit široké použití a v zemědělství užívá ve výrobě organických hnojiv či herbicidu pro pěstování luštěnin. Použití hnědého uhlí jako hnojiva řeší řadu úkolů: - významně zlepšuje kvalitu půdy, její strukturu, nasycení půdy živinami a jako výsledek - výnos plodin; imobilizuje toxické látky; funguje jako kypřící prostředek půdy; zvyšuje přístup kyslíku ke kořenům rostlin; zlepšení pórovitosti

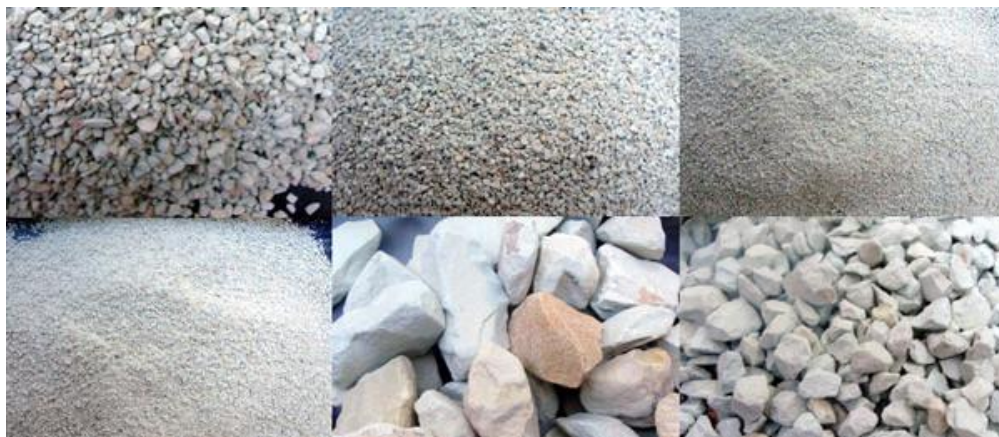
Hnědé uhlí má v půdě jedinečnou vlastnost, udržuje dusík ze vzduchu a přeměňuje ho na rostlině přístupné formy. Lignit pracuje jako regulátor vlhkosti půdy. (JIRÁSEK, SIVEK, LÁZNIČKA, 2010)

2) Zeolit

Zeolit je jedinečný vulkanický minerál. Jeho primární krystalická struktura ovlivňuje jeho vlastnosti a chování. Obsahuje látky plynného, kapalného i pevného skupenství. Funguje jako molekulární síto proti toxinům a jiným škodlivým látkám.

Zeolitické minerály byly široce používány již od starověku. Například Římané jej využívali ke stavbám či čištění pitné vody. V současnosti existuje více než 50 přírodních zeolitů. Dnes se ale zeolity používají v různých odvětvích: od zemědělství a chovatelství, filtrace vody, stavebnictví až po zdravotnictví. (MAKRLÍK, VAŇURA, 2003)

Obrázek 11: Zeolit



Zdroj: <http://www.subio.cz/t-t-navody-a-clanky/zeolit/>

Použití zeolitu v zemědělství: velmi dobře zadržuje vodu a kypří půdu; podporuje klíčivost, růst a kvalitu rostlin; zlepšuje zdravotní stav zvířat; zvyšuje produktivitu a plodnost půd; snižuje kyselost prostředí apod. Použití zeolitu snižuje potřebu častého zalévání a šetří náklady na vodu.

Použití zeolitu může přinést pozitivní výsledky u téměř všech druhů půd a může zvýšit výnos plodin o 10 – 30% na dobu 5 až 7 let (brambory, ječmen, ozimá pšenice, jetel, kukuřice atd.) (MAKRLÍK, VAŇURA, 2003)

3) Agroperlit

Agroperlit je tepelně zpracovaná hornina vulkanického původu, která vzniká prudkým zahříváním perlitových hornin na 850 až 1150 °C. Při zahřívání ztrácí vodu a zvětšuje svůj objem.

Agroperlit obsahuje jedinečnou tepelnou vodivost, zvuková izolace a dobře odráží světlo, a proto má široké použití v různých oblastech lidského života.

Obrázek 12: Agroperlit



Zdroj: Firemní prospekty firmy Perlit

V zemědělství je vhodný především do výsevních substrátů, napomáhá rozvoji kořenového systému. Zabraňuje okyselování půdy. Přidání agroperlitu do hlinité půdy umožňuje zlepšit jejich strukturu a chemické složení, zvýšit propustnost hlinitých zemin a vlhkost písčitéch půd. Agroperlit je odolný vůči vlhku, mrazu, mikroorganismům a plísním. (Firemní prospekty firmy Perlit)

4) Biouhel

Biouhel je produkt s velkým obsahem uhlíku, který vznikl tepelným rozkladem organického materiálu za nepřítomnosti kyslíku, při teplotách 300 – 600 °C (nízkoteplotní pyrolýza, karbonizace). Základní složkou je chemicky stabilní uhlík, který slučuje živiny a

důležité látky (dusík, fosfor, draslík apod.), které se z půdy nevyplavují. (DVOŘÁKOVÁ, 2018)

Na kvalitu biouhlu a jeho potenciální využití má vliv výchozí surovina a teplota pyrolýzy. Teplota pyrolýzy je hlavním prvkem procesu, která ovlivňuje výtěžek a obsah C v biouhlu a také velikost jeho povrchu. Mezi základní výsledné vlastnosti biouhlu patří: pH; obsah popílku a těkavých sloučenin; kapacita zadržování vody; objem pórů; sypná hustota; specifický povrch.

Obrázek 13: Biouhel



Zdroj: Firemní prospekty firmy Biouhel.cz

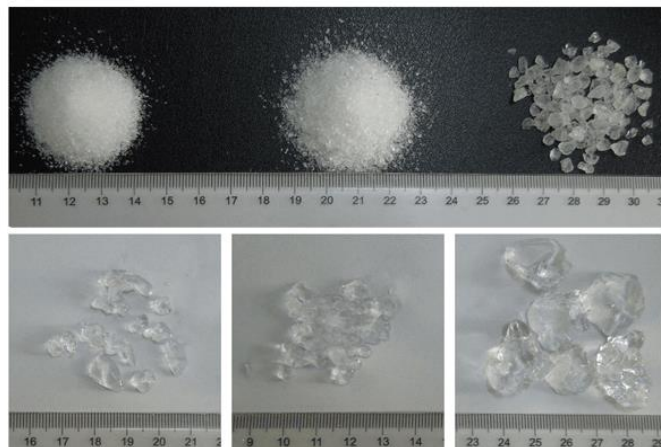
Biouhel považujeme za prostředek pro remediaci kontaminovaných půd; odstraňování nežádoucích vlastností látek, za které velmi často považujeme zbytky látek používaných pro ochranu (tzv. rezidua).

Také biouhel můžeme používat samostatně jako PPL nebo jako kompozita dalších produktů s různým potenciálním využitím a jako prostředek pro zlepšení půdních vlastností. Ukládáním do půdy se zásadně zvyšuje úrodnost a zadržování vody i živin, chrání půdu proti specifickým znečištěním, zlepšuje se její kvalita a efektivita využití hnojiv. (Firemní prospekty firmy Biouhel.cz)

5) Hydrogel

Hydrogel má velmi jednoduché složení - je to pravidelný polymer, rozemletý na prášek nebo granulí různých tvarů (viz. Obrázek 14).

Obrázek 14: Hydrogel

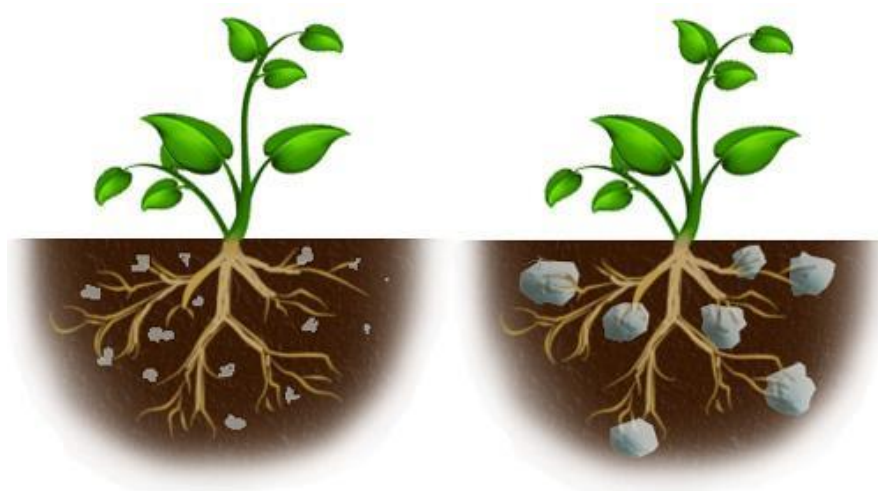


Zdroj: Firemní prospekty firmy Hydrogel.cz

Jeho hlavním rysem je schopnost zadržovat vodu v půdě a substrátu, snižuje četnost nutného zavlažování a stará se o jistý růst rostlin a stromů.

Jeden gram hydrogelu může pojmout až 300 ml vody, rozpuštěná voda a hnojiva jsou neustále v kořenové zóně a mohou být podle potřeby používány rostlinami. (viz. Obrázek 15).

Obrázek 15: Hydrogel



Zdroj: Firemní prospekty firmy Hydrogel.cz

Hlavní výhodou hydrogelu je to, že jej nemusíme dodávat do půdy každoročně. V půdě vydrží 7 až 9 let a poté se rozloží. V České republice je v prodeji od roku 2011. Hydrogel má velmi širokou škálu aplikací jak v otevřeném prostoru, tak ve sklenících nebo

v květinářství (pokožové rostliny). Hydrogel ve formě prášku obsahuje zrna o velikosti 0,2-0,8 mm, a používá především v potravinářství, květináče, truhlíky, městská zeleň, průmysl. Hydrogel je k dostání ve formě krystalu velikosti 0,8 – 2,0 mm a používá v lesnictví, zemědělství, zahradnictví, rekultivace, travnatá hřiště. (Firemní prospekty firmy Hydrogel.cz)

6) PRP SOL

PRP SOL je produkt rostlinného původu francouzské firmy PRP Technologies, která se specializuje na výrobu a uvádění biostimulantů do půdy a rostlin v zemědělství. Společnost PRP Technologies se navíc podílí na ochraně půdy, která je největším bohatstvím pro zemědělce.

PRP SOL je prostředek určený pro aplikaci na ornou půdu, do sadů, na louky a pastviny. Jedná se o granulant hnědé barvy složený z vápníku, hořčíku a stopových prvků (železo, mangan, bór, zinek, sodík) (viz. Obrázek 16).

Obrázek 16: PRP SOL



Zdroj: Firemní prospekty firmy PRP Technologies

PRP SOL není hnojivo, je to pomocná půdní látka pro zlepšení vitálních funkcí půdy, dokáže snáze překonat krátkodobá období sucha tím, že čerpá vláhu z hlubších vrstev.

PRP SOL výrazně zvyšuje biologickou aktivitu v půdě, ovlivňuje pH půdy, zlepšuje půdní strukturu a harmonizaci příjmu fosforu, draslíku a ostatních prvků ze zásob

v půdním profilu. Zvyšuje půdní úrodnost. Rostliny na takto strukturovaně úrodných půdách tvoří výrazně mohutnější kořenový systém, díky kterému má rostlina lepší přístup čerpat vláhu z hlubších vrstev, což má vliv na zdravotní stav a výnos plodiny.

Aplikování přípravku PRP SOL je velice jednoduché. Tyto dobře rozpustné minerální složky se vážou na půdní roztok a upravují prostředí, pomocí rozmetadla minerálních hnojiv nebo ručně. Přípravek je nejlépe vhodné aplikovat před setím nebo po sklizni plodin přímo do rostlinných zbytků. Díky působení prostředku PRP SOL výrazně zlepšuje chování půdy a přispívá k úspěšnosti zemědělce. (Firemní prospekty firmy PRP Technologies)

4 Praktická část práce

4.1 Zemědělský podnik Agrovýzkum Rapotín s.r.o

Měření této diplomové práce probíhalo na pozemcích zemědělského podniku Agrovýzkum Rapotín s.r.o. Podnik má sídlo v Olomouckém kraji, v obci Rapotín, jenž leží v okrese Šumperk. Jedná se o zemědělský podnik pro státní podporu vývoje, výzkumu a inovací, který byla založen v roce 2002 jako dceřiná společnost Výzkumného ústavu pro chov skotu, s.r.o. Od roku 2004 až do roku 2010 byla příjemcem institucionální podpory v rámci řešení výzkumného záměru Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy tzv. „Uplatnění evropského modelu multifunkčního zemědělství v LFA oblastech České republiky“. Od roku 2011 je po rozhodnutí Ministerstva zemědělství ČR příjemcem institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj pro výzkumné organizace.

V současné době tvoří společnost 50 vědecko-výzkumných pracovníků, kteří spolupracují s mnoha partnery v České republice, ale i v zahraničí. Společnost kooperuje s mnoha partnery v České republice i v zahraničí.

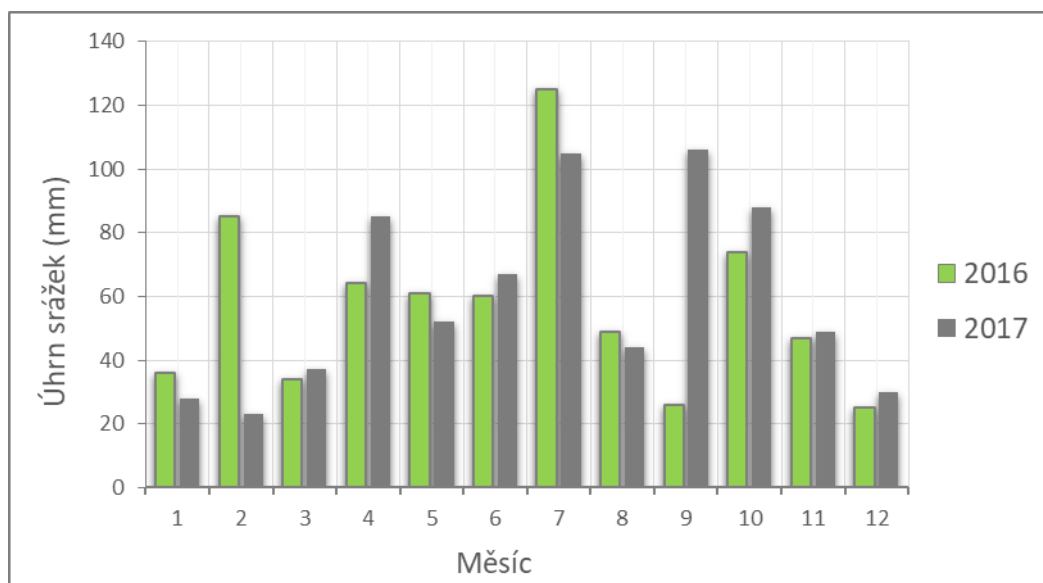
Hlavním oborem tohoto podnikání je výzkum a vývoj v oblasti přírodních a technických věd. Mezi vedlejší obory podnikání patří ostatní vzdělávání, vydávání kniha a periodických publikací, či ostatní vydavatelské činnosti, technické zkoušky a analýzy, výroba chemických látek, chemických přípravků mnoho dalších činností. (Agrovýzkum Rapotín s.r.o, 2016)

4.2 Klimatické podmínky

Velikost odporu půdy ovlivňuje mnoho faktorů, mezi něž patří i vlhkost. Podle BPEJ pozemek zahrnujeme do 5 klimatického regionu, to znamená, že tato oblast patří do mírně vlhkého a teplého regionu.

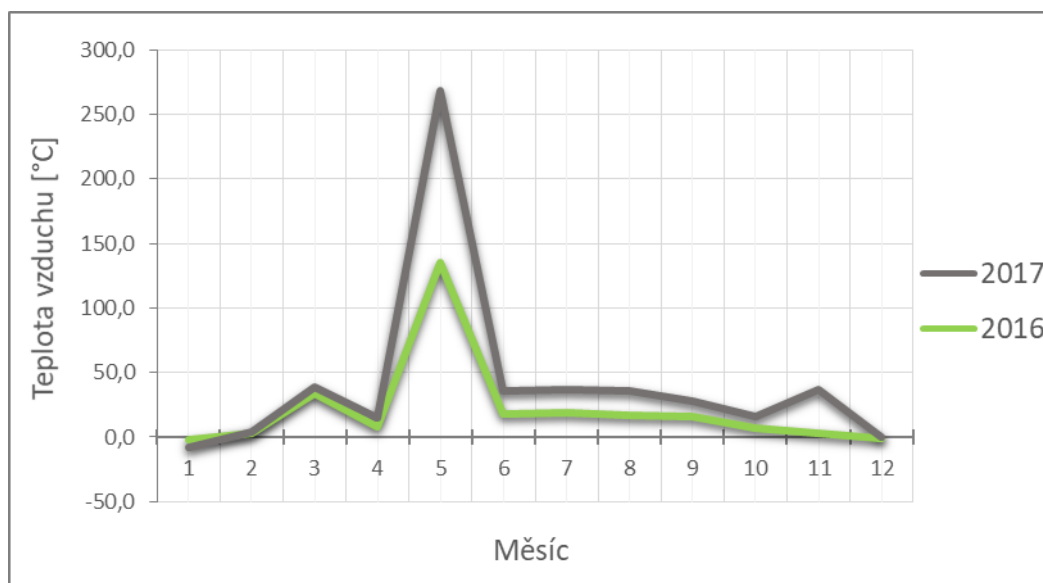
Graf číslo jedna popisuje průměrný měsíční úhrn srážek v letech 2016 a 2017. V roce 2016 došlo k celkovým srážkám 684 milimetrů, a rok 2017 měl srážky v hodnotě 716 milimetrů. V grafu číslo dva můžeme vidět průměrnou měsíční teplotu v letech 2016 a 2017. Průměrná roční teplota v roce 2016 činí 8,6 °C, a v roce 2017 dosahovala 8,4 °C.

Graf 1: Průměry měsíční úhrn srážek v letech 2016 a 2017



Zdroj: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>

Graf 2: Průměrná měsíční teplota v letech 2016 a 2017



Zdroj: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty#>

4.3 Hodnocené varianty

Varianty půdních pokusů jsou rozděleny dle způsobu využití půdy na jednotlivé parcely. Varianty, které jsou označeny P-K, značí že dané parcely jsou určeny pro pěstování monokultury kukuřice určené k silážování. Rozměr těchto pozemku 50x120m. Varianty označené P-S mají výsev plochy o rozměru 56x120m, a jsou využity pro

pěstování plodin dle sestaveného osevního postupu. V následujících tabulkách je zpracován popis jednotlivých variant podle rozložení hnojiv a setých plodin pro roky 2016 a 2017 (viz. Tabulka 5 a Tabulka 6).

Tabulka 5: Označení jednotlivých variant, monokultura kukuřice

Varianta	Parcela	2016	2017
		Plodina + aplikované hnojivo a přípravek	
I	P-K-1	Kukuřice-siláž + kravský hnůj (25 t) + SOL (100 kg)	Kukuřice-siláž + kravský hnůj (25 t) + SOL (100 kg)
VI	P-K-2	Kukuřice-siláž + kravský hnůj (25 t)	Kukuřice-siláž + kravský hnůj (25 t)
II	P-K-3	Kukuřice-siláž + kravský hnůj s FIX (25 t) + SOL (100 kg)	Kukuřice-siláž + kravský hnůj s FIX (25 t) + SOL (100 kg)
VII	P-K-4	Kukuřice-siláž + kravský hnůj s FIX (25 t)	Kukuřice-siláž + kravský hnůj s FIX (25 t)

Tabulka 6: Označení jednotlivých variant, střídání plodin

Varianta	Parcela	2016	2017
		Plodina + aplikované hnojivo a přípravek	
III	P-S-1	Pšenice o. + kravský hnůj (50 t) + SOL (200 kg)	Pšenice o. + kravský hnůj (50 t) + SOL (200 kg)
VIII	P-S-2	Pšenice o. + kravský hnůj (50 t)	Pšenice o. + kravský hnůj (50 t)
IV	P-S-3	Pšenice o. + kravský hnůj s FIX (50 t) + SOL (200 kg)	Pšenice o. + kravský hnůj s FIX (50 t) + SOL (200 kg)

IX	P-S-4	Pšenice o. + kravský hnůj s FIX (50 t)	Pšenice o. + kravský hnůj s FIX (50 t)
V	P-S-5	Pšenice o. + SOL (200 kg)	Pšenice o. + SOL (200 kg)
X	P-S-6	Pšenice o. + NPK (200 kg, kontrola)	Pšenice o. + NPK (200 kg, kontrola)

4.4 Sledované fyzikální veličiny a metody jejich měření

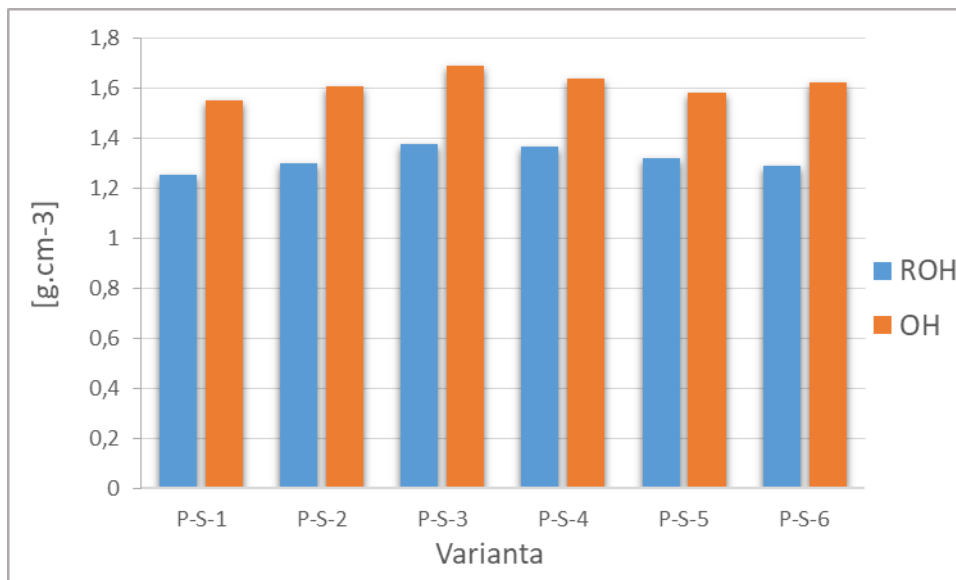
Tato kapitola se zabývá popisem metod, které se využívaly při stanovení vybraných půdních vlastností v letech 2016 a 2017.

4.4.1 Objemová hmotnost a redukováná objemová hmotnost

Objemová hmotnost (objemová hmotnost půdy vlhké) a redukováná objemová hmotnost (objemová hmotnost suché půdy) byly stanoveny pomocí metody rozboru neporušených půdních vzorků. Byly použity Kopeckého půdní válečky. Odběry vzorků se prováděly pomocí Kopeckého fyzikálních válečků, které jsou vyrobeny z nerezavějící oceli, o objemu 100 cm³.

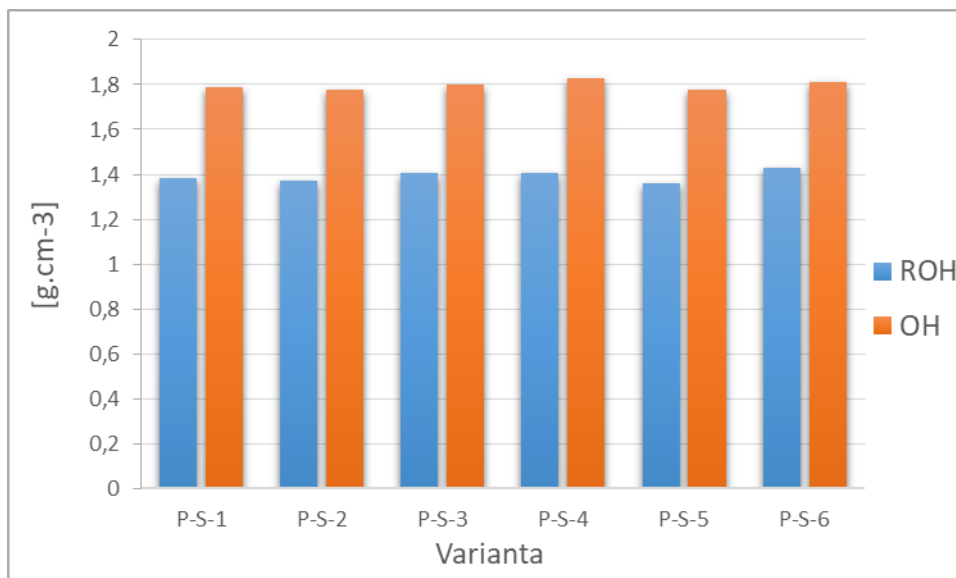
V následujících grafech jsou zobrazeny hodnoty redukováné objemové hmotnosti (ROH) a objemová hmotnost (OH), které změřili v letech 2016 a 2017. (viz Graf 3 a Graf 4). Všechny pokusy byly měřeny celkem ve třech datech. První měření probíhalo ve dvou etapách: 29.08. a 14.10. Druhé měření pro rok 2017 proběhlo 11.10.

Graf 3: Objemová hmotnost a redukovaná objemová hmotnost v roce 2016



V roce 2016 byl největší rozdíl mezi hodnotami a projevil se na pozemcích pro variantu P-S-1 a P-S-3. Měření v následujícím roce prokázalo zvýšení hodnot objemové hmotnosti a redukované objemové hmotnosti u variant. Největší hodnoty měla varianta P-S-4, ale nejnižší P-S-5.

Graf 4: Objemová hmotnost a redukovaná objemová hmotnost v roce 2017



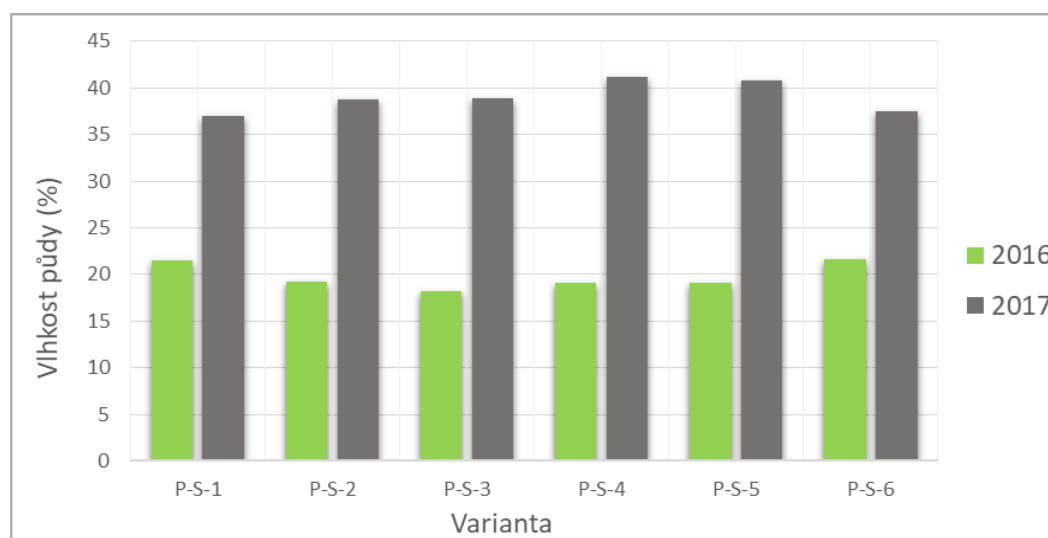
4.4.2 Vlhkost půdy

Je vyjadřována v procentuálním zastoupení přítomností vody v půdě. Na okamžitou vlhkost mají vliv půdní vlastnosti a meteorologické podmínky vybrané lokality.

V letech 2016 a 2017 vlhkost byla stanovena pomocí ručního přenosného vlhkoměru přímo na poli. V roce 2016 měření proběhlo ve dnech: 29.08 i 14.10. Měření pro rok 2017 probíhalo 11.10.

Získané a hodnoty jsou zpracovány graficky. (viz. Graf 5). Z tohoto grafu je vidíme, že rok 2017 byl bohatý na srážky, mající vyšší vlhkostní rozdíly parcel. V roce 2016 střední hodnota vlhkosti půdy činila kolem 20%, a nevyšší vlhkost měli varianty P-S-1 a P-S-6. Střední hodnota vlhkosti půdy v roce 2017 činila kolem 39%, a největší vlhkosti má varianta P-S-4.

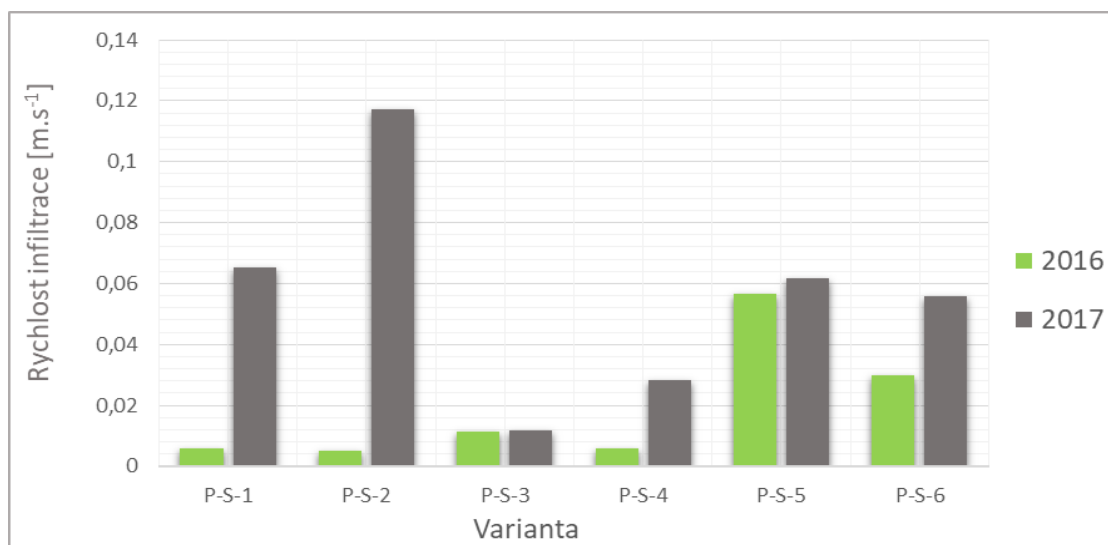
Graf 5: Vlhkost v letech 2016 a 2017



4.4.3 Infiltrační schopnosti půdy

Infiltrační schopnosti půdy jsou reprezentovány nasycenou hydraulickou vodivostí a byly stanoveny podle metody Simplified Falling Head. Výsledné hodnoty byly zpracovány a znázorněny v následujícím grafu (viz. Graf 6). V roce 2016 proběhlo měření ve dvou dnech: 24. 4. a 18. 5. V roce 2017 probíhalo 24. 4. a 30. 5.

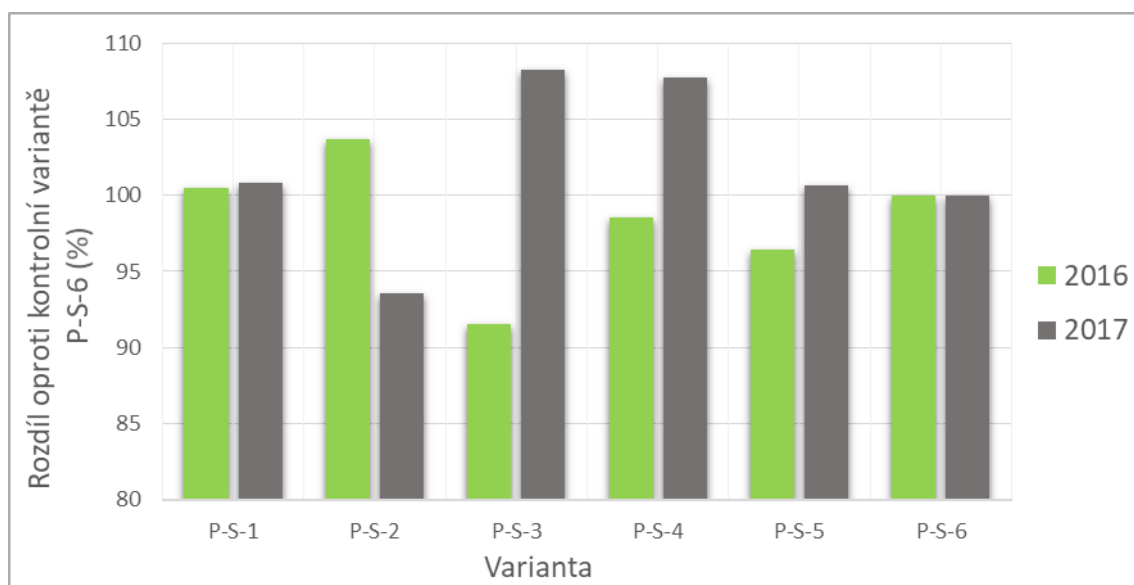
Graf 6: Nasycená hydraulická vodivost v letech 2016 a 2017



4.4.4 Tahový odpor

Následující graf číslo sedm zobrazuje změny hodnoty indexu tahového odporu oproti kontrolní variantě v letech 2016 a 2017. Varianta P-S-1 má nejbližší hodnoty ve srovnání s kontrolní variantou P-S-1. Při prvním měření vykazovala nejmenší hodnotu varianta P-S-3, kde byl rozdíl o 8 %. U této varianty byl aplikován kravský hnůj společně s přípravkem Fix. U varianty P-S-2 došlo k poklesu hodnot o 7% vůči kontrolní variantě.

Graf 7: Změny hodnot indexu tahového odporu oproti kontrolní variantě



4.4.5 Penetrační odpory půdy

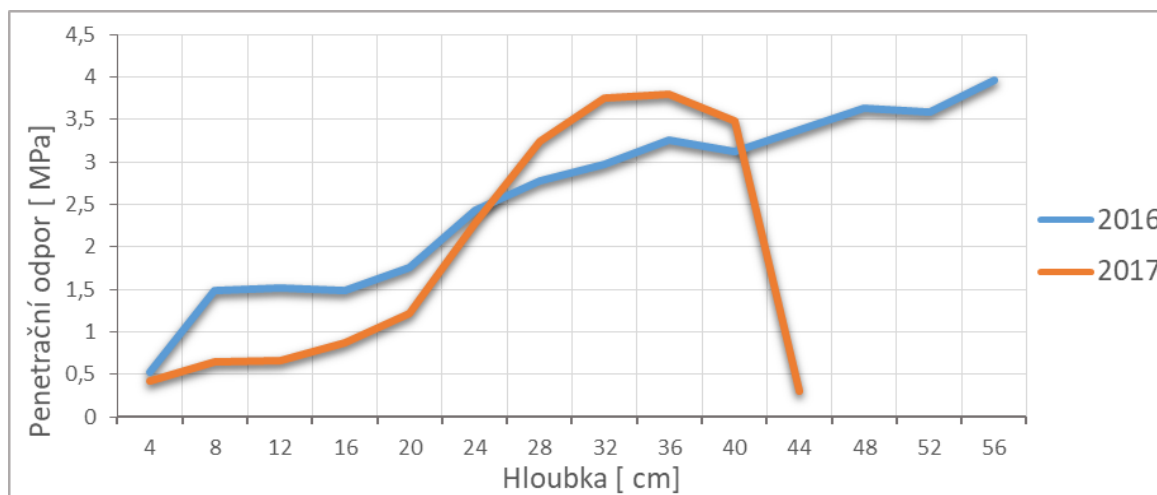
Penetrační odpor byl stanoven pomocí půdního penetrometru. Následující kapitola znázorňuje podzimní a jarní měření jednotlivých variant půdních pokusů. Podzimní měření proběhlo celkem ve třech dnech. První měření probíhalo 29. 8. 2016 a 14. 1. 2016. V roce 2017 proběhlo měření 11. 10. Jarní měření probíhalo 24. 4. a 18. 5. 2016, v roce 2017 proběhlo 24. 4.

1) Varianta P-S-1

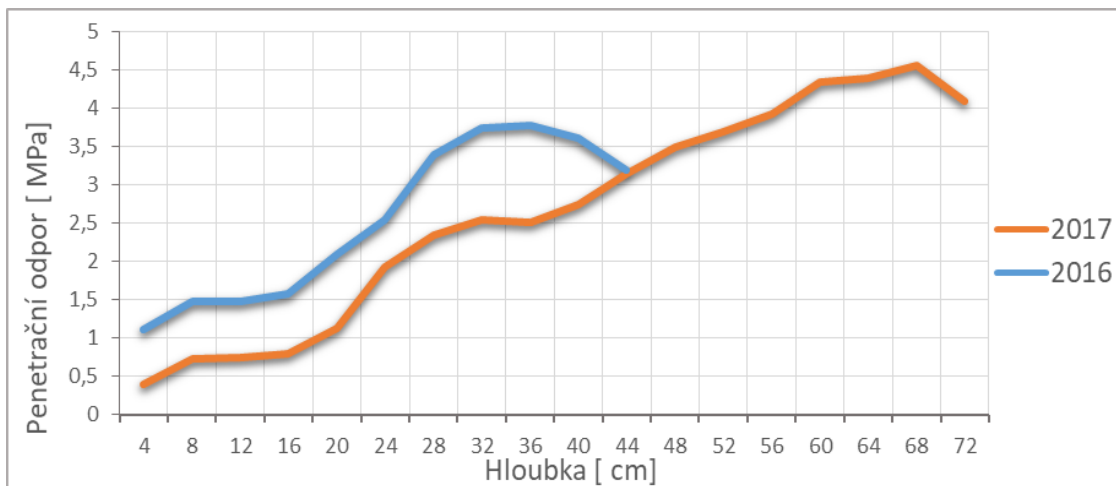
Následující grafy 8 a 9 znázorňují průměrné hodnoty penetračního odporu měřené na jaře a podzim ve variantě s označením P-S-1. V této variantě byl použit kravský hnůj s přípravkem SOL. Na jaře roku 2017 byl v hloubce 4 cm naměřen nejnižší penetrační odpor ze všech měření. Na podzim roku 2017 pak má nejnižší hodnotu v hloubce 44 cm. Při měření na podzim v roce 2017 lze pozorovat maximální hodnotu utužení 4,56 Mpa, která byla naměřena v hloubce 68 cm.

Vidíme, že se penetrační odpor postupně zvyšuje na jaře 2016 a na podzim 2017. Z grafu 8 vidíme, že největší rozptyl při měření počátečního penetračního odporu byl v hloubkách 20 a 24 cm.

Graf 8: Penetrační odpor varianta P-S-1, jaro



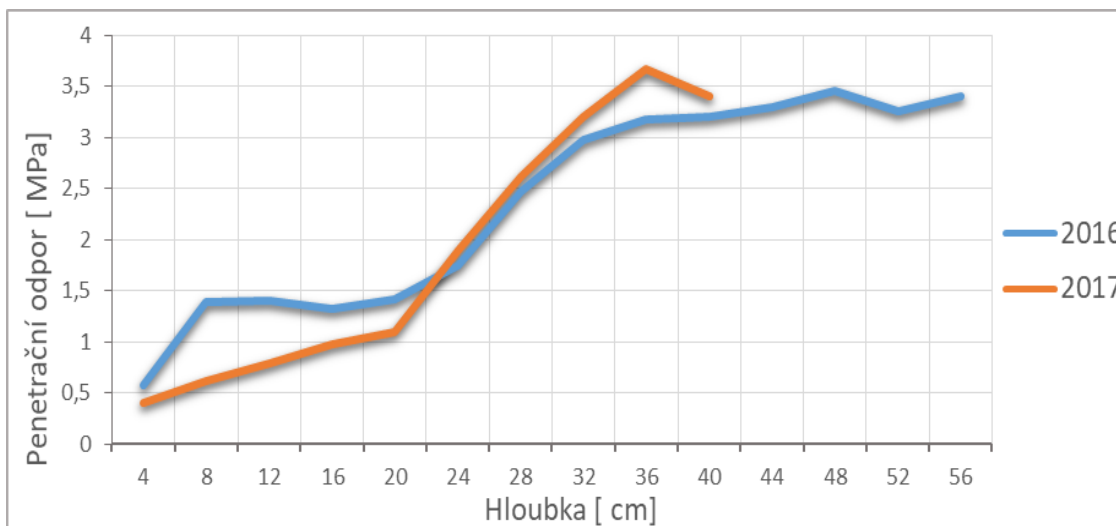
Graf 9: Penetrační odpor varianta P-S-1, podzim



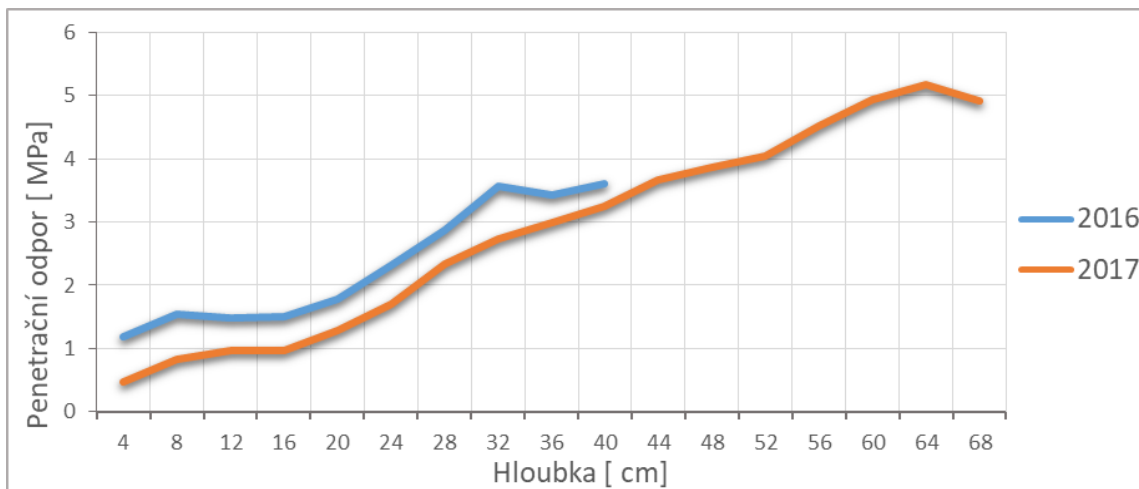
2) Varianta P-S-2

Ve variantě P-S-2 byl použit kravský hnůj a nebylo užito přípravku od firmy PRP. Výsledné hodnoty tohoto měření můžeme pozorovat na grafech č. 10 a 11. Na jaře roku 2017 a na podzim 2016 měření probíhalo do hloubky 36 cm. Nejvyšší hodnotu penetrační odpor dosáhl na podzim 2017, 5,2 Mpa v hloubce 64 cm, celé měření probíhalo do hloubky 68 cm.

Graf 10: Penetrační odpor varianta P-S-2, jaro



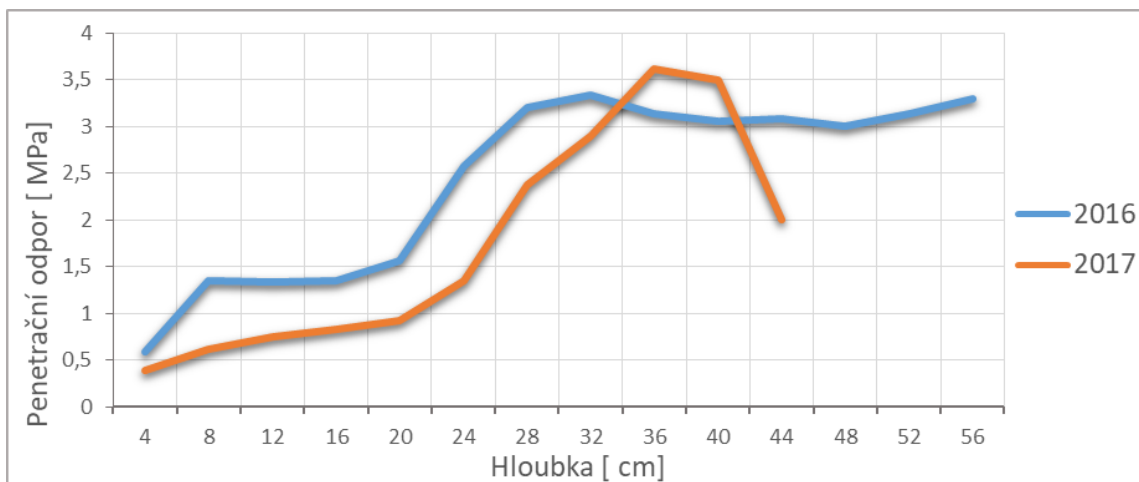
Graf 11: Penetrační odpor varianta P-S-2, podzim



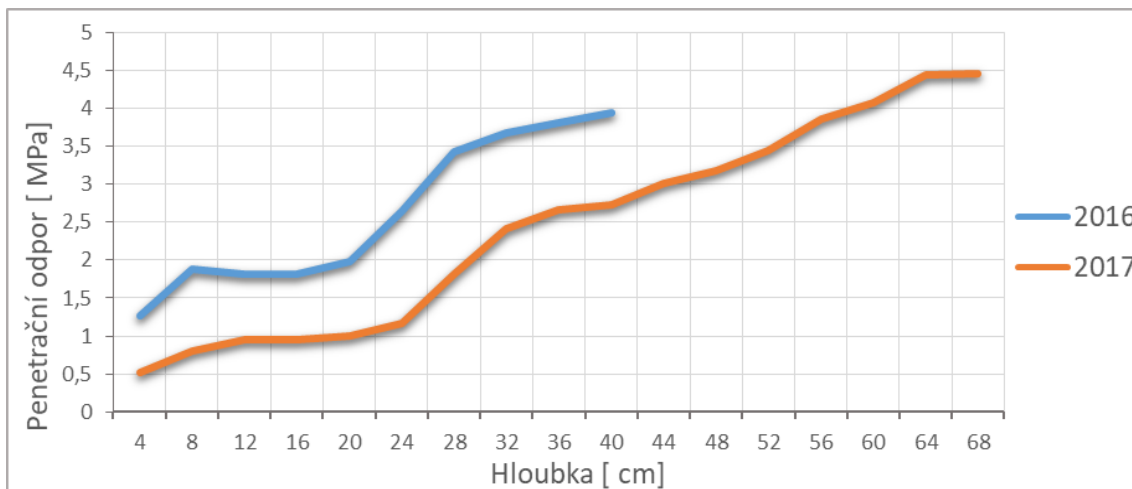
3) Varianta P-S-3

Ve variantě P-S-3 byl použit kravský hnůj s přípravkem FIX a SOL. Z následujících grafů vidíme, že počáteční hodnoty jsou zde nejnižší. Měření na podzim v roce 2017 se podařilo uskutečnit do hloubky 68 cm. Při měření na jaře 2017 vidíme, že od hloubky 36 cm se penetrační odpor zmenšuje.

Graf 12: Penetrační odpor varianta P-S-3, jaro



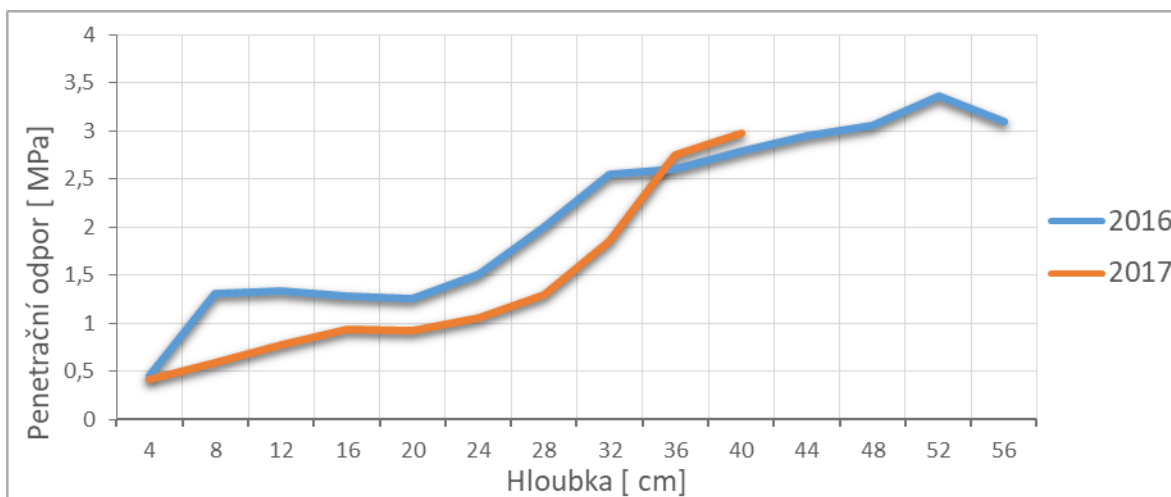
Graf 13: Penetrační odpor varianta P-S-3, podzim



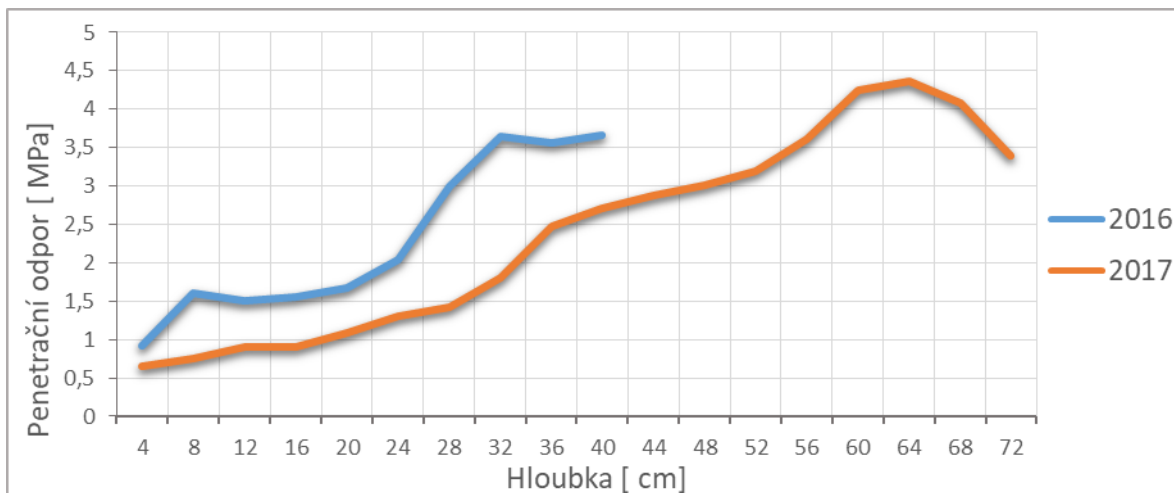
4) Varianta P-S-4

Nejnižší počáteční hodnoty penetračního odporu byly na jaře. Ve variantě P-S-4 byl použit kravský hnůj s přípravkem FIX. Na podzim 2016 a na jaře 2017 se podařilo uskutečnit měření pouze do hloubky 36 cm. Nejvyšší hodnotu penetračního odporu vykazuje na podzim v roce 2017 v hloubce 68 cm 4,4 Mpa.

Graf 14: Penetrační odpor varianta P-S-4, jaro



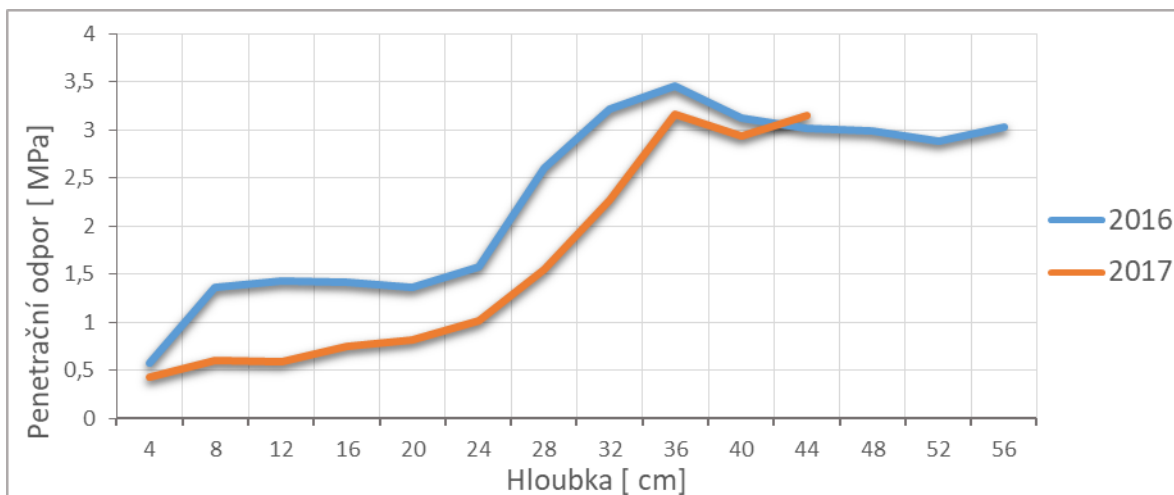
Graf 15: Penetrační odpor varianta P-S-4, podzim



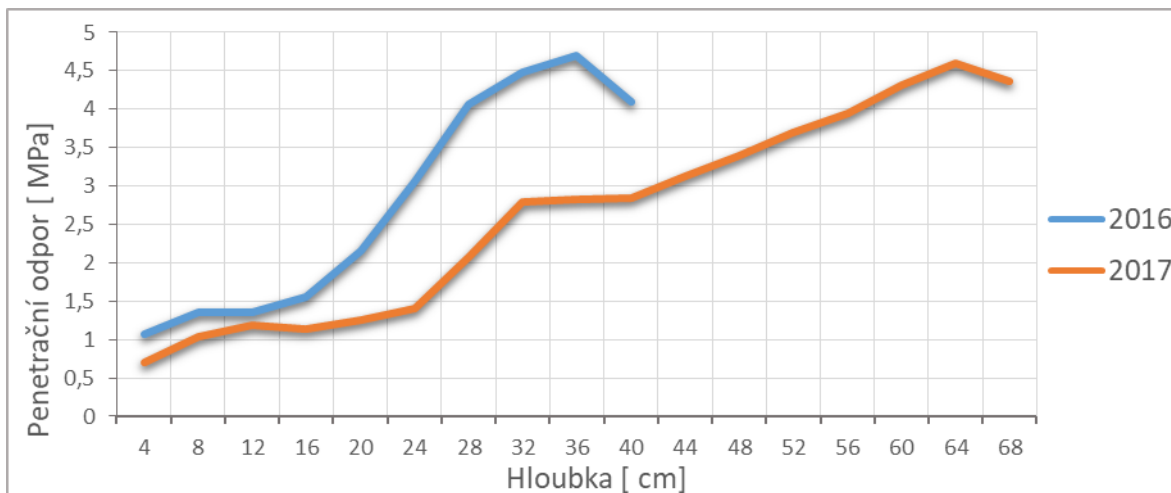
5) Varianta P-S-5

Ve této variantě P-S-4 byl použit přípravek PRP SOL. Z grafu č. 16 a 17 vidíme, že nejmenších hodnot bylo naměřeno opět na podzim 2016 a na jaře 2017. Při měření v roce 2016 vidíme, že od hloubky 32-36 cm dochází ke zmenšení penetračního odporu. Nejvyšší hodnoty 4,6- 4,8 Mpa byly naměřeny na podzim v jednotlivých letech v hloubkách 36 cm a 64 cm.

Graf 16: Penetrační odpor varianta P-S-5, jaro



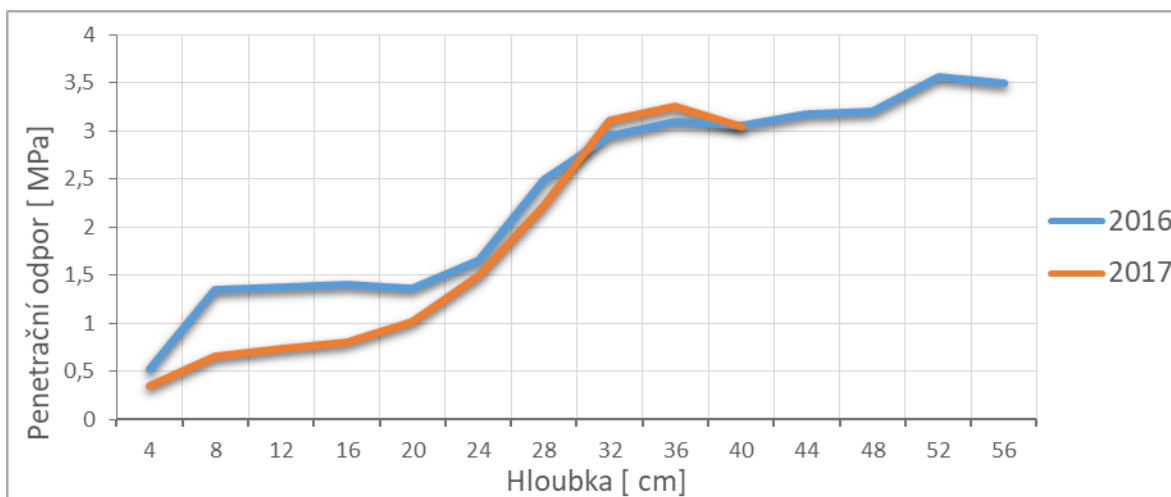
Graf 17: Penetrační odpor varianta P-S-5, podzim



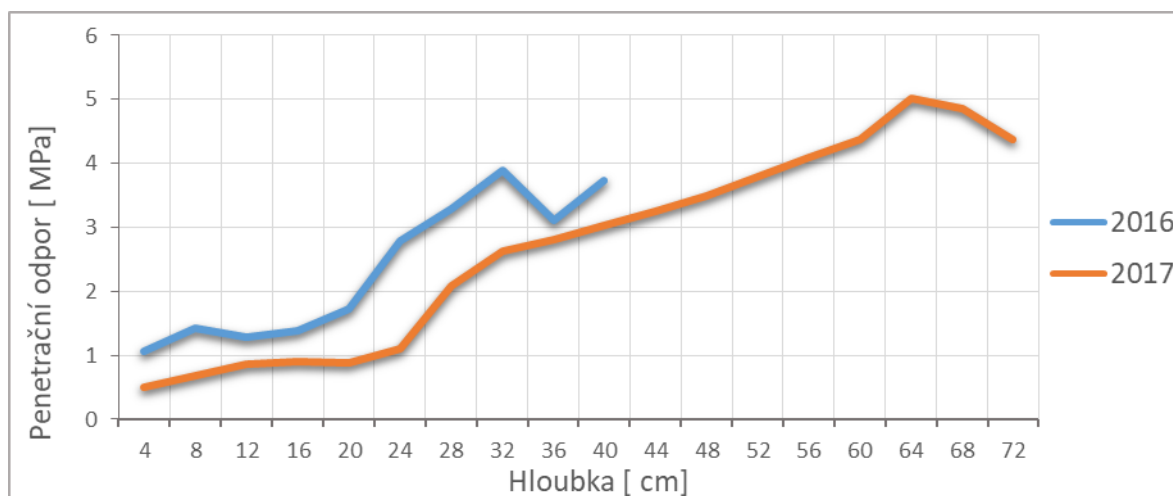
6) Varianta P-S-6

V následujícím grafu č. 19 vidíme, že na podzim roku 2017 se podařilo uskutečnit měření do hloubky 72 cm, měření na podzim roku 2016 a na jaře 2017 bylo provedeno pouze do hloubky 36 cm. Nejvyšší hodnota penetračního odporu byla v hloubce 64 na podzim 2017.

Graf 18: Penetrační odpor varianta P-S-6, jaro



Graf 19: Penetrační odpor varianta P-S-5, podzim



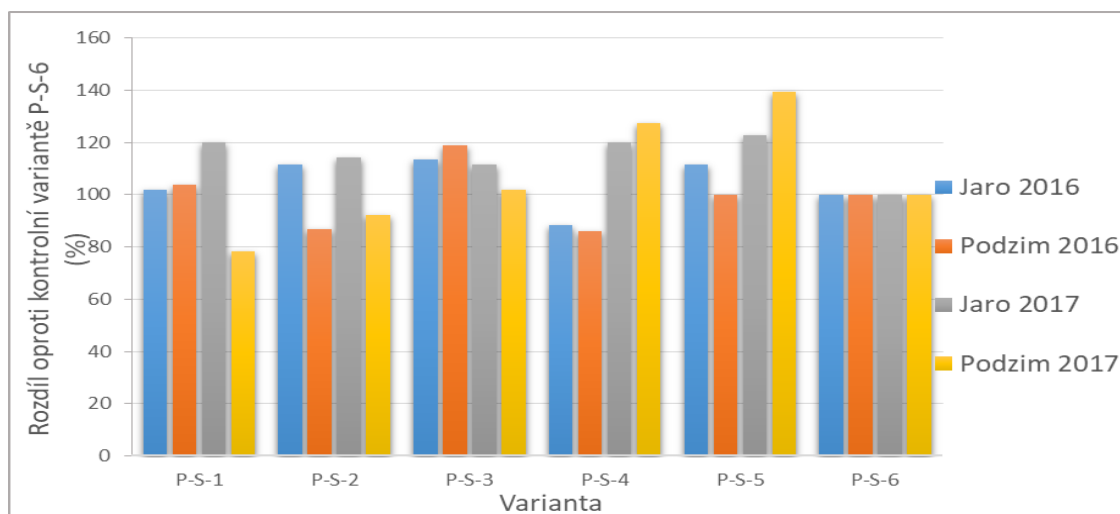
4.4.6 Penetrační odpory půdy v jednotlivých hloubkách

Na penetrační odpor půdy, nemá žádný vliv používání průmyslových hnojiv, ale největší vliv má využívání organických hmot do půdy. Na penetrační odpor má velký vliv i vlhkost půdy. Pro zobrazení vyvoje následujících grafy porovnávají hodnoty penetračních odporů pro vybrané hloubky. Všechny hodnoty vztaheny oproti kontrolní varianty P-S-6.

1) Penetrační odpor v hloubce 4 centimetry

Z grafu číslo 20 lze pozorovat odlišné hodnoty u variant na začáteční hloubce. Varianta P-S-5 má penetrační odpor na podzim 2017 o 39 % vyšší ve srovnání s kontrolní variantou. Varianta P-S-4 má penetrační odpor na podzim 2017 o 27 % vyšší než u kontrolní varianty. Varianty P-S-1 na podzim 2017 a P-S-4 na podzim 2016 měly průměrnou hodnotu penetračního odporu nižší oproti kontrolní variantě. Průměrné hodnoty u varianty P-S-3 představují menší variabilitu ve srovnání s kontrolní variantou, kde byl použit kravský hnůj společně s NPK a SOL.

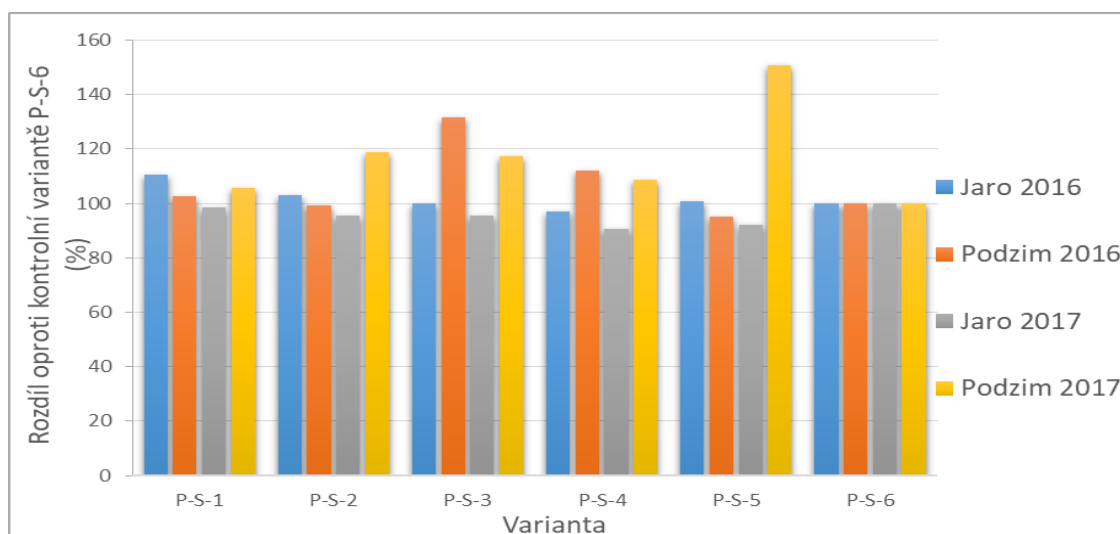
Graf 20: Penetrační odpor v hloubce 4 cm



2) Penetrační odpor v hloubce 8 centimetrů

Graf číslo 21 ukazuje změny průměrných hodnot penetračního odporu v hloubce 8 centimetrů. Největšímu rozdílu oproti kontrolní variantě P-S-6 dosahla na podzim 2017 varianta P-S-5, která měla rozdíl o 51 %. U varianty P-S-3 na podzim 2016 o 31 % vyšší penetrační odpor než kontrolní varianty. Nejmenší rozdíl vykazuje varianta P-S-1, kde byl využit kravský hnůj společně s přípravkem SOL. Nejvyšší snížení měli varianty na jaře 2017 oproti kontrolní variantě.

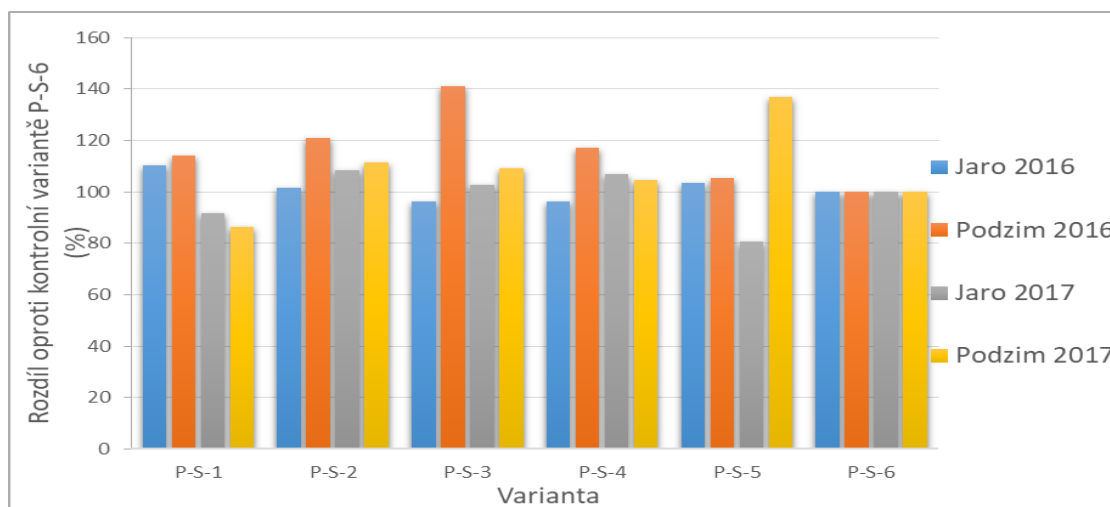
Graf 21: Penetrační odpor v hloubce 8 cm



3) Penetrační odpor v hloubce 12 centimetrů

V hloubce 12 centimetrů největšího zvýšení oproti kontrolní variantě vykazovali na podzim 2016 varianta P-S-3 a na podzim 2017 varianta P-S-5. Nejlepší výsledek měli na jaře 2016 a na podzim 2017 varianta P-S-1 a na jaře 2017 varianta P-S-5. Nejmenšího rozdílu vůči variantě P-S-6 dosáhla varianta P-S-4, kde byl použit kravský hnůj společně s NPK.

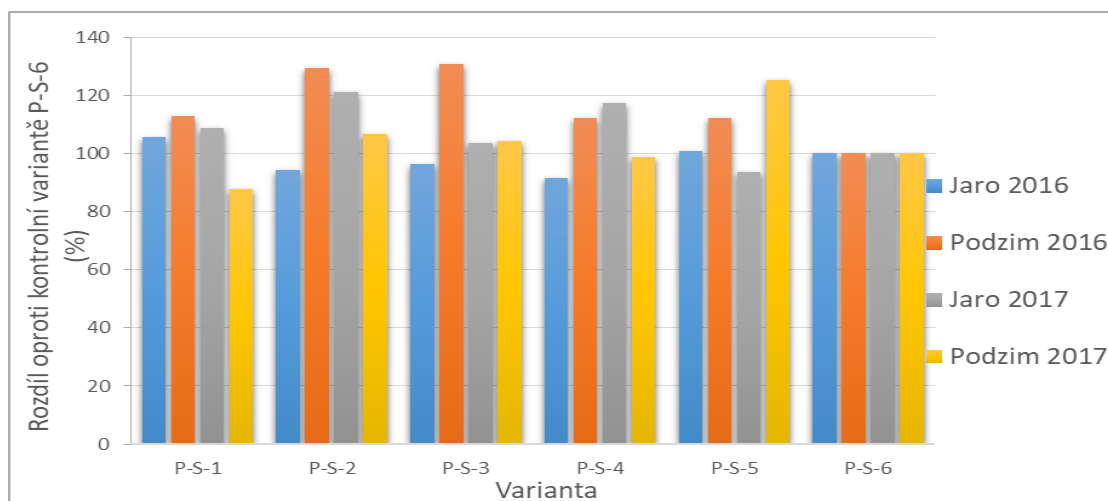
Graf 22: Penetrační odpor v hloubce 12 cm



4) Penetrační odpor v hloubce 16 centimetrů

K nejlepšímu výsledku došlo na podzim 2017 u varianty P-S-1, kde hodnota penetračního odporu o 12 % nižší oproti kontrolní variantě. Největší rozdíl měla varianta P-S-2 na konci 2016 a začátku 2017. U této varianty byl použit kravský hnůj.

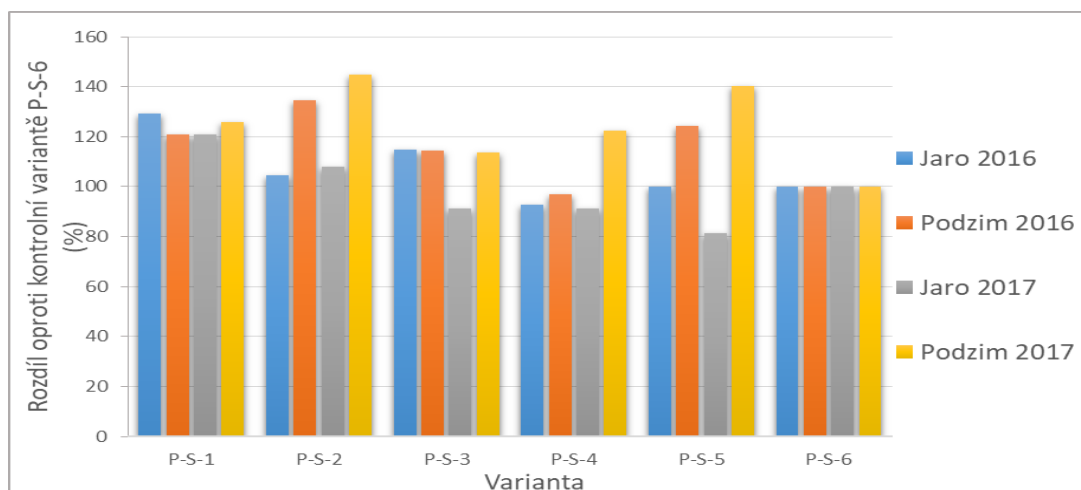
Graf 23: Penetrační odpor v hloubce 16 cm



5) Penetrační odpor v hloubce 20 centimetrů

Následující graf číslo 24 zobrazuje rozdíl průměrných hodnot penetračního odporu v hloubce 20 centimetrů. Z grafu vidíme, že nejlepší výsledek měla varianta P-S-4 v roce 2016 a na začátku 2017, kde byl aplikován kravský hnůj společně s přípravkem FIX. Nejhorší dopadlo na konci roku 2017 u varianty P-S-2, kde byl rozdíl o 45 % oproti kontrolní variantě.

Graf 24: Penetrační odpor v hloubce 20 cm

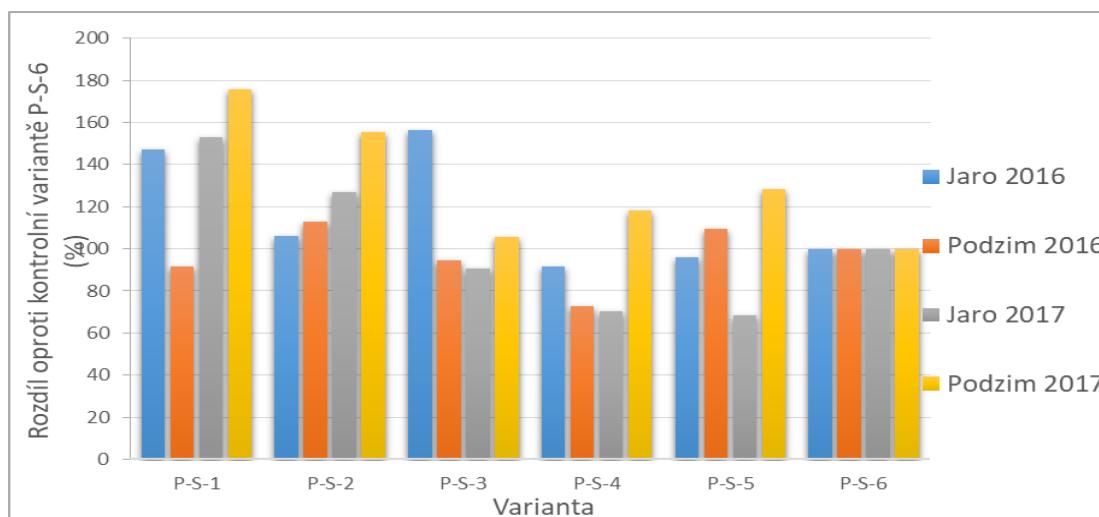


6) Penetrační odpor v hloubce 24 centimetrů

Graf číslo 25 znázorňuje průběh penetračních odporů v hloubce 24 centimetrů. Nejlepšího výsledku dosáhla varianta P-S-4, kde byl aplikován kravský hnůj společně s přípravkem FIX. K zlepšení došlo u varianty P-S-3, na tomto pozemku byl využit

kravský hnůj společně s přípravkem FIX a SOL. Pozitivních hodnot bylo dosaženo u varianty P-S-5 na začátku roku 2017, kdy měla o 32 % nižší průměrnou hodnotu penetračního odporu oproti kontrolní variantě P-S-6.

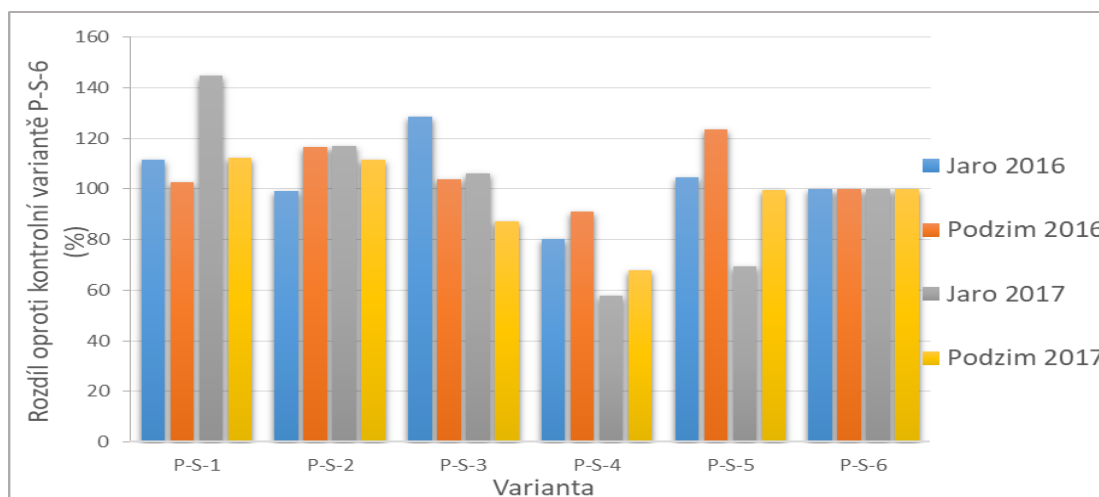
Graf 25: Penetrační odpor v hloubce 24 cm



7) Penetrační odpor v hloubce 28 centimetrů

V grafu číslo 26 můžeme pozorovat změny průměrných hodnot penetračního odporu v hloubce 28 centimetrů. Velmi pozitivního výsledku dosáhla varianta P-S-4, u které byl aplikován kravský hnůj společně s přípravkem FIX. Nejhůře dopadla varianta P-S-1, kdy na začátku roku 2017 měla o 45 % vyšší průměrnou hodnotu penetračního odporu oproti kontrolní variantě.

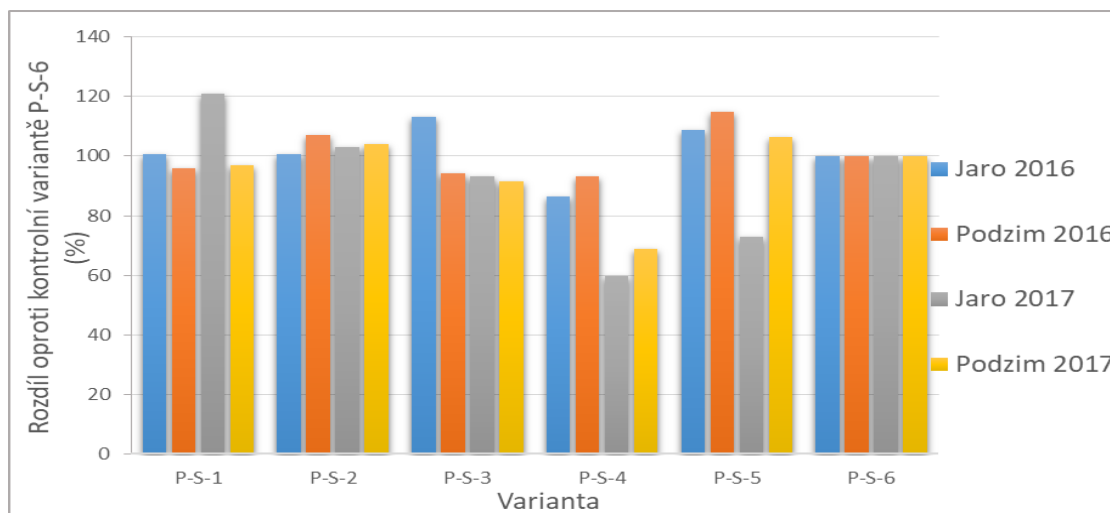
Graf 26: Penetrační odpor v hloubce 28 cm



8) Penetrační odpor v hloubce 32 centimetrů

Graf číslo 27 ukazuje poměrně vyrovnané penetračních odporu. K největšímu zlepšení došlo u varianty P-S-4 stejně jako v minulém případě. Ale k zhoršení došlo u varianty P-S.5, kde byl použit pouze přípravek PRP SOL. Největší rozdíl u této varianty byl na podzim 2016, kde rozdíl s kontrolní variantou je 15 %

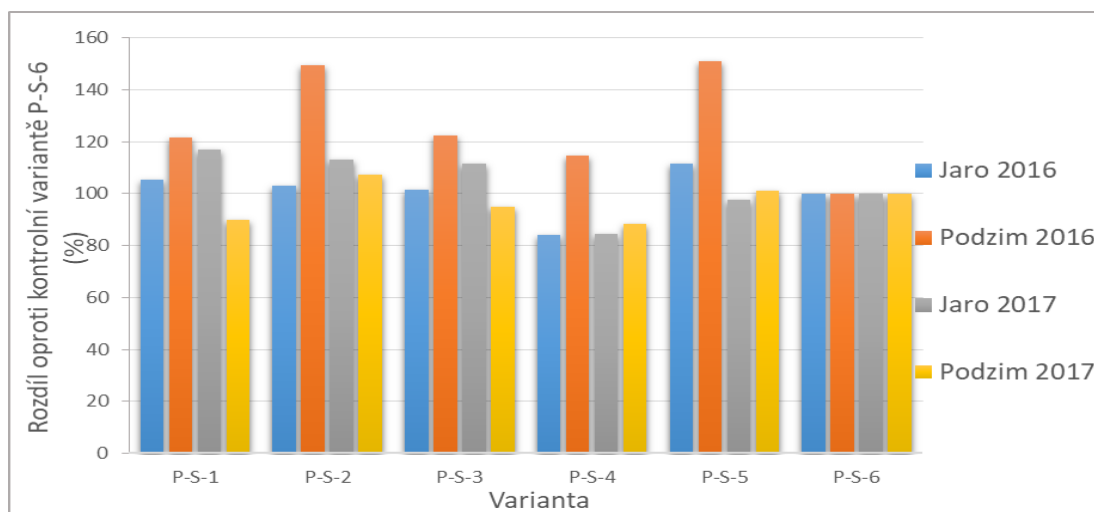
Graf 27: Penetrační odpor v hloubce 32 cm



9) Penetrační odpor v hloubce 36 centimetrů

V průběhu půdních pokusů v hloubce 36 centimetrů nejvyšší průměrnou hodnotu penetračního odporu měla na konci roku 2016 varianta P-S-5, která měla navýšený odpor o 51 % vzhledem ke kontrolní variantě P-S-6 a dosahovala 4,7 Mpa. Nejlepší výsledky byly u varianty P-S-4 stejně jako v minulých případech.

Graf 28: Penetrační odpor v hloubce 36 cm

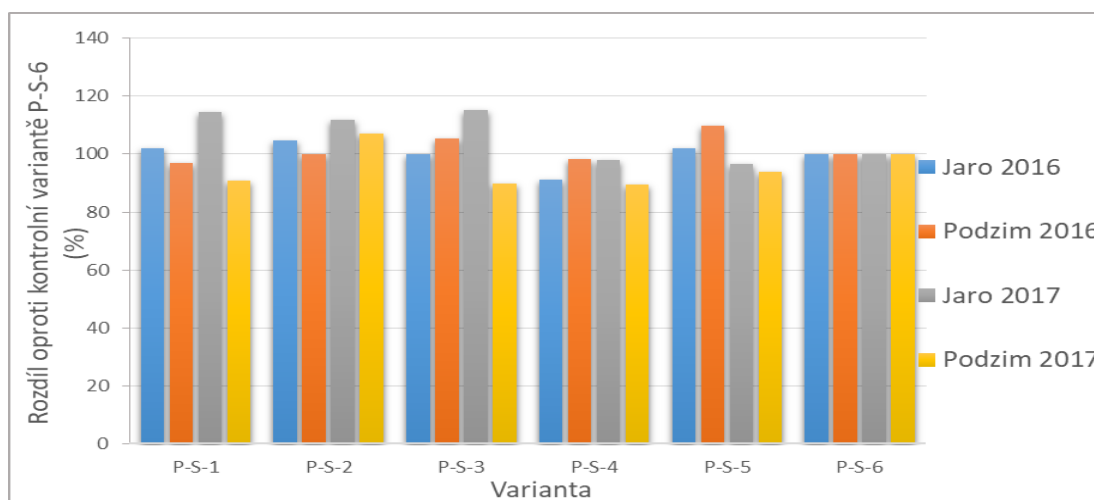


10) Penetrační odpor v hloubce 40 centimetrů

Z grafu číslo 29 můžeme vidět průběh půdních pokusů v hloubce 40 centimetrů . Těto je poslední hloubka, kterou se podařilo změřit u všech variant. Průměrné hodnoty penetračního odporu v hloubce 40ti centimetrů jsou méně rozptýlené, než v minulém případě. Nejhorší hodnotu má na jaře 2017 varianta P-S-3, která měla rozdíl o 15 % vůči kontrolní variantě. Stejně jako v minulých případech nejlepší hodnot dosáhla varianta P-S-4.

Celkové posouzení ukázalo snížení hodnot penetračních odporu v hloubce 40 centimetrů. Zlepšený byly varianty P-S-3 a P-S-5 v porovnání oproti kontrolní variant P-S-6.

Graf 29: Penetrační odpor v hloubce 40 cm



5 Výsledky a diskuse

Za nejdůležitější vlastnost půdy můžeme považovat redukovanou objemovou hmotnost. Pomocí této fyzikální vlastnosti lze zjistit úrodnost půdy. Při měření varianty P-S-3 a P-S-4 dosahovali překročení limitní hodnoty, ale v následujícím roce hodnoty zlepšili. Můžeme říct že látka PRP SOL měla vliv na zlepšení. Jinak u objemovou hmotnosti nebyla zjištěna výrazná změna. Následující tabulka znázorňuje porovnání hodnot objemové hmotnosti a redukované objemové hmotnosti změřených v letech 2016 a 2017 ve srovnání s kontrolní variantě P-S-6. Největšího zlepšení dosáhlo u variant P-S-3 a P-S-4

Tabulka 7: Změny hodnot ROH a OH oproti kontrolní variantě

Varianta	ROH		OH	
	2016	2017	OH	2017
P-S-1	97,31	97,04	95,79	98,74
P-S-2	100,98	96,03	99,18	97,93
P-S-3	106,98	98,37	104,31	99,21
P-S-4	105,98	98,37	101,13	100,90
P-S-5	102,66	95,26	97,72	97,93
P-S-6	100,00	100,00	100,00	100,00

Měření vlhkosti v jednotlivých letech probíhalo za různých podmínek. Hodnoty v roce 2016 byly nižší než v roce 2017. V jednotlivých letech výše vlhkosti na variantách byla stejná.

Nejlepší infiltrační vlastností můžeme pozorovat u varianty P-S-2, kde byl použit pouze kravský hnůj. Nejnižší hodnoty měla P-S-3 u které používali kravský hnůj společně s Fix, a SOL.

Penetrační odpor měřeli ve čtyři etapy. Na hodnoty měla velký vliv použita technika, například opakované jízdy přes pozemek. Celkové posouzení ukázalo snížení hodnot penetračních odporu v hloubce 40 centimetrů. Nejlepších výsledku dosáhla varianta P-S-4, u které byl aplikován kravský hnůj společně s Fix. Při měření penetračních odporu zjistili zlepšení v roce 2017 na rozdíl od předchozího roku.

Následující tabulka číslo sedm znázorňuje hodnoty jednotlivých variant u tahových odporů oproti kontrolní variantě P-S-6. Z tabulky lze vidět, že tahové odpory některých variant dosahovali nižších hodnot v roce 2016. Ale odpory roku 2017 zvýšily.

Tabulka 8: Hodnoty indexu tahového odporu oproti kontrolní variantě

Varianta	Rok 2016	Rok 2017
P-S-1	100,45	100,84
P-S-2	103,7	93,53
P-S-3	91,55	108,22
P-S-4	98,5	107,69
P-S-5	96,46	100,63
P-S-6	100	100

6 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo zhotovit vliv organických hnojiv a pomocných půdních přípravků na fyzikální vlastnosti půdy. Byly provedeny měření na pozemcích zemědělského podniku Agrovýzkum Rapotín s.r.o., v rámci kterých autor stanovil vliv těchto pomocných půdních látek. Hodnoty, které jsou využity v dané diplomové práci, byly změřeny v letech 2016 a 2017.

Úvodní část práce obsahuje popis metod, používaných k praktickému zpracování práce, a také seznamuje s tematem a cílem práce. Teoretická část diplomové práce shrnuje a systematizuje informace a poznatky získané z odborné literatury a jiných zdrojů. První kapitola se zaměřuje na pochopení problematiky půd; její významů, struktury, funkcí a mechanismů vzniku půd. Příští část zaměřena na popis půdních vlastností, a některé z těchto vlastností byly předmětem praktického zpracování práce této diplomové práce. Následující kapitoly popisují typy degradaci půd a nejběžnější půdní typy a druhy na území České republiky. A poslední část literární rešerši věnována definici pomocných půdní látek, a jejich rozdělení. Některé těchto půdních pomocných látek byly blíže popsány.

Ve vlastní části práce jsou analyzovány výsledky naměřených hodnot, probíhajících na půdních pokusů ve zvoleném zemědělském podniku a vliv půdních látek na široký spektrum vlastností půdy. V průběhu měření byly zjištěny rozdílné hodnoty mezi jednotlivými půdními variantami. Výsledky měření byly zpracovány a znázorňovány pomocí tabulek a grafů.

Závěrem je potřebné vyznačit, že půdní přípravky mají významný vliv na fyzikální vlastnosti půdy. Ale nelze určitě zjistit za takovou krátkou dobu, a proto pro přesnější zhodnocení a stanovení vlivu na vlastnosti a stav půdy, je nutné prozkoumat v delším časovém horizontu a na více různých lokalitách.

7 Seznam použitých zdrojů

- 1 ABBOTT, L. K.; MURPHY, D. V. Soil Biological Fertility: A Key to Sustainable Land Use in Agriculture. Springer, 2007. 268 pp. ISBN 978- 1402066184.
- 2 *Agrovýzkum Rapotín s.r.o.* [online]. AGROVÝZKUM RAPOTÍN, 2016 [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: <https://www.vuchs.cz/agrovyzkum-rapotin/index.php>
- 3 BIČÍK, Ivan. *Půda v České republice*. Editor Ivo HAUPTMAN, editor Zdeněk KUKAL, editor Karel POŠMOURNÝ. Praha: Pro Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství vydal Consult, 2009. ISBN isbn:80-903482-4-6.
- 4 BRTNICKÝ, Martin. *Degradace půdy v České republice*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2012. ISBN 978-80-87361-20-7.
- 5 *Co působí na strukturu půdy* [online]. Masarykova univerzita, 2013 [cit. 2017-12-10]. Dostupné z: <https://suddenspoiling.webnode.cz/studium/pestovani-rostlin/co-pusobi-na-tvorbu-struktury-pudy/>
- 6 *Česká republika – Tematický atlas* [online]. Masarykova univerzita, 2017 [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pdf/js17/cesko_atlas/web/index.html
- 7 DAMOHORSKÝ, Milan, Martina FRANKOVÁ a Michal SOBOTKA, ed. *Půda, voda a krajina - adaptace na klimatické změny z pohledu práva*. Beroun: Eva Rozkotová, 2017. ISBN 978-80-87488-27-0.
- 8 *Definice, význam a funkce půdy* [online]. [cit. 2017-11-29]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice_pudy/\\$FILE/OOHPP-Definice_pudy-20080820.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice_pudy/$FILE/OOHPP-Definice_pudy-20080820.pdf)
- 9 DVOŘÁKOVÁ, Zuzana. *Biouhel - prostředek pro remediace a zvýšení kvality půd*. 2018.
- 10 EL TITI, Adel. *Soil tillage in agroecosystems*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2003. ISBN 978-0849312281.
- 11 Firemní prospekty firmy Biouhel.cz
- 12 Firemní prospekty firmy PRP Technologies
- 13 Firemní prospekty firmy Hydrogel.cz
- 14 Firemní prospekty firmy Perlit
- 15 FROUZOVÁ, Jaroslava, Jan FROUZ a Monika HELINGEROVÁ, ed. *Fyzikální vlastnosti půdy a jejich interakce s půdními organismy a kořeny rostlin: 8. metodický seminář : České Budějovice 4.-5. února 2003*. České Budějovice: Ústav půdní biologie AV ČR, 2003. ISBN 80-86525-02-3.

- 16 HAMMEROVÁ, Anna. *Odběr půdních vzorků* [online]. [cit. 2017-12-15]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/19/19-poster_odber_pudnich_vzorku.pdf
- 17 JANDÁK, Jiří. *Vliv půdních pomocných látek na fyzikální a chemické vlastnosti půdy: původní vědecká práce*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2014. ISBN 978-80-7375-986-5.
- 18 JANDÁK, Jiří, Eduard POKORNÝ a Alois PRAX. *Půdoznalství*. Vyd. 3., přeprac. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2010. ISBN 978-80-7375-445-7.
- 19 JANEČEK, Miloslav a kol. *Pozemkové úpravy se zaměřením na bonitaci a pedologii*. Vyd. 2., upr. Praha: Institut pro místní správu, 1999. 73 s. ISBN 80-238-5101-2.
- 20 JIRÁSEK, Jakub, Martin SIVEK a Petr LÁZNIČKA. *Ložiska nerostů*. Ostrava: Anagram, c2010. ISBN 978-80-7342-206-6.
- 21 KUTÍLEK, Miroslav, Václav KURÁŽ a Milena CÍSLEROVÁ. *Hydropedologie 10*. Vyd. 2. přeprac. Praha: České vysoké učení technické, 2000. ISBN 80-01-02237-4.
- 22 LADYGINA, Natalia a Francois RINEAU. *Biochar and soil biota*. Boca Raton: Taylor & Francis, 2013. ISBN 978-146-6576-483.
- 23 LÁTAL, O., *Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2016*. Agrovýzkum Rapotín s.r.o.
- 24 LÁTAL, O., *Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2017*. Agrovýzkum Rapotín s.r.o.
- 25 MAKRLÍK, Emanuel a Petr VAŇURA. *Zeolity a iontová výměna*. Praha: E. Makrlík, 2003. ISBN 80-239-0967-3.
- 26 MUČKOVÁ, Jitka a Roman KAPICA. *Základy pedologie*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2015. ISBN 978-80-248-3818-2.
- 27 NOVÁČEK, Pavel a Mikuláš HUBA. *Ohrožená planeta: Stud. materiál pro posl. vys. šk.* Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1994. ISBN 80-7067-382-6.
- 28 *Odtokový proces: Vlastnosti půdy* [online]. 2010 [cit. 2017-12-11]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/runoff_cz/navmenu.php_tab_1_page_4.1.0.htm
- 29 *Podnikatel.cz: Zákon o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech) (úplné znění)* [online]. 2018 [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: <https://www.podnikatel.cz/>

- 30 *Půda* [online]. 2013 [cit. 2017-11-29]. Dostupné z: <http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=uvod&site=puda>
- 31 *Půda* [online]. Ministerstvo zemědělství, 2018 [cit. 2017-11-29]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/puda/>
- 32 RICHTER, Rostislav a Jaroslav HLUŠEK. *Průmyslová hnojiva, jejich vlastnosti a použití*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1996. Rostlinná výroba (Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR). ISBN 807105-121-7.
- 33 SPLIKOVÁ, 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*. 2010. *Landscape and Urban Planning* 94 (2010), s. 141–148.
- 34 STRAKA J. a kol. *Kvalifikovaný pracovník v péči o zeleň: Práce s půdou* [online]. [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: <http://www.szuz.cz/UserFiles/File/Skripta%20práce%20s%20půdou.pdf>
- 35 ŠARAPATKA, Bořivoj. *Pedologie a ochrana půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-3736-1.
- 36 ŠARAPATKA, Bořivoj a Zoltán BEDRNA. *Kvalita a degradace půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2002. ISBN 80-244-0584-9.
- 37 ŠPIČKA, Alois. *Vlastnosti půdy a její zpracování*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1964.
- 38 VALLA, Miloš. *Pedologické praktikum*. 2. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2002. ISBN 80-213-0914-8.
- 39 VAŠKŮ, Zdeněk. *Základní druhy průzkumů pro krajinné inženýrství, využití a ochranu krajiny*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2008. ISBN 978-80-213-1749-9.
- 40 VOLTR, Václav. *Hodnocení půdy v podmínkách ochrany životního prostředí*. Praha: Ústav zemědělské ekonomiky a informací, c2011. ISBN 978-80-86671-86-4.
- 41 VOPRAVIL, Jan. *Půda a její hodnocení v ČR*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2011. ISBN 978-80-87361-02-3.
- 42 *Zeolit – přírodní pomocník* [online]. Ostrava [cit. 2017-12-10]. Dostupné z: <http://www.subio.cz/t-t-navody-a-clanky/zeolit/>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Sada Kopeckého válečků pro měření půdních vzorků.....	11
Obrázek 2: Penetrometr	13
Obrázek 3: Souprava pro měření tahového odporu v roce 2016	14
Obrázek 4: Trasy jízd v roce 2016.....	15
Obrázek 5: Válce pro měření infiltrace vody.....	16
Obrázek 6: Přibližné zastoupení jednotlivých pudních složek, %.....	19
Obrázek 7: Zrnitostní trojúhelník	22
Obrázek 8: Typy půd v ČR.....	34
Obrázek 9: Profily hlavních půdních typů na území České Republiky.....	37
Obrázek 10: Lignit	39
Obrázek 11: Zeolit	40
Obrázek 12: Agroperlit	41
Obrázek 13: Biouhel	42
Obrázek 14: Hydrogel.....	43
Obrázek 15: Hydrogel.....	43
Obrázek 16: PRP SOL	44

Seznam tabulek

Tabulka 1: Schéma zrnitostních frakcí	21
Tabulka 2: Rozdělení půd podle aktivní a výměnné půdní reakce	25
Tabulka 3: Průměrné elementární složení půd [hmotnostní %]	26
Tabulka 4: Třídění půd podle obsahu humusu.....	27
Tabulka 5: Označení jednotlivých variant, monokultura kukuřice.....	48
Tabulka 6: Označení jednotlivých variant, střídání plodin.....	48
Tabulka 7: Změny hodnot ROH a OH oproti kontrolní variantě.....	66
Tabulka 8: Hodnoty indexu tahového odporu oproti kontrolní variantě	67

Seznam grafů

Graf 1: Průměry měsíční úhrn srážek v letech 2016 a 2017	47
Graf 2: Průměrná měsíční teplota v letech 2016 a 2017	47
Graf 3: Objemová hmotnost a redukovaná objemová hmotnost v roce 2016	50
Graf 4: Objemová hmotnost a redukovaná objemová hmotnost v roce 2017	50
Graf 5: Vlhkost v letech 2016 a 2017	51
Graf 6: Nasycená hydraulická vodivost v letech 2016 a 2017	52
Graf 7: Změny hodnot indexu tahového odporu oproti kontrolní variantě.....	52
Graf 8: Penetrační odpor varianta P-S-1, jaro.....	53
Graf 9: Penetrační odpor varianta P-S-1, podzim.....	54
Graf 10: Penetrační odpor varianta P-S-2, jaro.....	54
Graf 11: Penetrační odpor varianta P-S-2, podzim.....	55
Graf 12: Penetrační odpor varianta P-S-3, jaro.....	55
Graf 13: Penetrační odpor varianta P-S-3, podzim.....	56
Graf 14: Penetrační odpor varianta P-S-4, jaro.....	56
Graf 15: Penetrační odpor varianta P-S-4, podzim.....	57
Graf 16: Penetrační odpor varianta P-S-5, jaro.....	57
Graf 17: Penetrační odpor varianta P-S-5, podzim.....	58
Graf 18: Penetrační odpor varianta P-S-6, jaro.....	58
Graf 19: Penetrační odpor varianta P-S-5, podzim.....	59
Graf 20: Penetrační odpor v hloubce 4 cm	60
Graf 21: Penetrační odpor v hloubce 8 cm	60
Graf 22: Penetrační odpor v hloubce 12 cm	61
Graf 23: Penetrační odpor v hloubce 16 cm	62
Graf 24: Penetrační odpor v hloubce 20 cm	62
Graf 25: Penetrační odpor v hloubce 24 cm	63
Graf 26: Penetrační odpor v hloubce 28 cm	63
Graf 27: Penetrační odpor v hloubce 32 cm	64
Graf 28: Penetrační odpor v hloubce 36 cm	65
Graf 29: Penetrační odpor v hloubce 40 cm	65