

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



**Vliv aplikace přípravků pro zlepšení vitálních funkcí půdy
na vybrané půdní vlastnosti ve zvoleném zemědělském
podniku**

Diplomová práce

Vedoucí práce: prof. Ing. Ondřej Šařec, CSc.

Autor práce: Bc. Jaroslav Korba

Praha 2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jaroslav Korba

Zemědělská technika

Název práce

Vliv aplikace přípravků pro zlepšení vitálních funkcí půdy na vybrané půdní vlastnosti ve zvoleném zemědělském podniku

Název anglicky

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

Cíle práce

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

Metodika

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

Doporučený rozsah práce

cca 50 str.

Klíčová slova

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

Doporučené zdroje informací

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

Firemní prospekty.

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

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

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

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

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Ondřej Šařec, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra využití strojů

Elektronicky schváleno dne 2. 1. 2018

doc. Ing. Petr Šařec, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 1. 2018

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 12. 11. 2018

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

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

V Praze dne:

Podpis:

Abstrakt

Tato diplomová práce popisuje a vyhodnocuje změny vybraných fyzikálních vlastností půdy při rozdílné aplikaci kravského hnoje, pomocné půdní látky Z'fix a minerálního hnojiva NPK. Úvodní část práce seznamuje s vytyčeným cílem a použitou metodikou, která popisuje metody a postupy použité v praktickém měření. Literární rešerše seznamuje se vznikem a složením půdy, poté se zabývá fyzikálními vlastnostmi půdy a jednotlivými typy degradací půdy. Poté jsou popsány nejběžnější půdní typy v České republice a stručně jsou popsány metody hodnocení půd. Následuje podrobné seznámení s pomocnými půdními látkami a jejich rozdělením. Nakonec rešerše je čtenář seznámen s použitými hnojivy a pomocnou půdní látkou použité na pokusném pozemku. V praktické části jsou charakterizovány půdně-klimatické podmínky pokusného pozemku a ZS Sloveč. Poté seznamuje s výsledky měření vybraných půdních vlastností, mezi které patří objemová hmotnost, vlhkost, penetrační odpor, tahový odpor a infiltrační schopnost. Práce je zakončena zhodnocením výsledků měření.

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

Summary:

This diploma thesis describes and evaluates changes of selected physical properties of soil with different application of cow manure, auxiliary soil preparations Z'fix and mineral fertilizer NPK. The introductory part of the thesis introduces the set goal and the methodology used, which describes the methods and procedures used in practical measurement. Literary research introduces the origin and composition of soil, then deals with the physical properties of soil and the different types of soil degradation. Then the most common soil types in the Czech Republic are described and methods of soil evaluation are briefly described. The following is a detailed introduction to soil aids and their distribution. Finally, the reader is acquainted with the fertilizers and soil conditioners used in the experimental plot. In the practical part are characterized soil-climatic conditions of experimental plot and ZS Sloveč. Then he acquaints with the results of measurements of selected soil properties, including bulk density, moisture, penetration resistance, tensile resistance and infiltration ability. The work is concluded with the evaluation of the measurement results.

Keywords: soil activity, auxiliary soil preparations, physical properties of soil, tensile resistance, manure

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíl a metodika.....	2
2.1. Cíl práce.....	2
2.2. Metodika práce.....	2
2.2.1. Půdní vzorky.....	2
2.2.2. Penetrační odpor.....	3
2.2.3. Tahový odpor.....	5
2.2.4. Infiltrace půdy.....	6
3. Půda.....	8
3.1. Vznik.....	9
3.2. Složení půdy.....	10
3.3. Fyzikální vlastnosti.....	10
3.3.1. Textura.....	10
3.3.2. Klasifikace půdních druhů.....	11
3.3.3. Měrná hmotnost.....	11
3.3.4. Objemová hmotnost.....	12
3.3.5. Pórovitost.....	12
3.3.6. Vlhkost půdy.....	12
3.4. Chemické vlastnosti.....	12
3.4.1. Chemické složení půdy.....	12
3.4.2. Reakce.....	13
3.5. Biologické vlastnosti.....	13
3.6. Degradace půdy.....	14
3.6.1. Eroze.....	14
3.6.2. Změny fyzikálních vlastností půdy.....	16
3.6.3. Ztráty organické hmoty.....	16
3.6.4. Zasolování.....	17

3.6.5.	Acidifikace.....	17
3.6.6.	Znečištění a kontaminace půdy.....	17
3.6.7.	Zastavování půdy.....	17
3.6.8.	Vztah k půdě.....	18
3.7.	Půdní typy v České republice.....	18
3.8.	Hodnocení půdního fondu.....	19
3.9.	Pomocné půdní látky.....	20
3.9.1.	Rozdělení PPL.....	20
4.	Hnojiva a PPL použité na zkoumaném poli.....	21
4.1.	Chlévský hnůj.....	21
4.2.	NPK.....	22
4.3.	Z' fix.....	22
5.	Praktická část.....	23
5.1.	Charakteristika Zemědělské společnosti Sloveč, a.s.....	23
5.2.	Charakteristika pokusného pozemku.....	23
5.3.	Varianty pozemku.....	24
5.4.	Sledované fyzikální vlastnosti půdy.....	25
5.4.1.	Objemová hmotnost.....	25
5.4.2.	Vlhkost.....	27
5.4.3.	Penetrační odpor.....	28
5.4.4.	Tahový odpor.....	32
5.4.5.	Infiltrace půdy.....	34
5.5.	Výnosy.....	39
6.	Závěr.....	41
7.	Zdroje.....	43
	Seznam obrázků.....	47
	Seznam tabulek.....	47
	Seznam grafů.....	48

1. Úvod

První zmínky o obhospodařování půdy a chovu zvířat se datují do období přibližně 10 000 př. n. l. do oblasti Blízkého východu. Na rozdíl od dřívějších lovců a sběračů, kteří se za potravou museli pohybovat, je zemědělec vázán k obdělávané půdě. Z tohoto důvodu se lidé začínají trvale usazovat. Rostoucím počtem obyvatelstva vzniká potřeba zajištění dostatečného množství potravin. Postupem času se učí ze zkušeností předchozích generací a současně vylepšují své primitivní nástroje. Postupně využívají tažné síly zvířat, vznikají první stroje na zpracování půdy, žací stroje atd. V dnešní době se v zemědělství využívá výpočetních technologií, které zjednodušují a zefektivňují práci a snižují počet lidí pracujících v zemědělství. S rostoucím počtem obyvatelstva se postupně zvětšovala obhospodařovaná plocha, a tím zemědělství začalo značně ovlivňovat ráz krajiny.

Půda patří mezi hlavní zdroje přírody a bez ní nelze zajistit dostatek potravin pro lidstvo. Mezi její hlavní nevýhodu patří velmi pomalá obnovitelnost, vytvoření jednoho centimetru půdy v závislosti na podmínkách může trvat desítky let až století. Půda je nejvíce ohrožena erozí, v některých případech dojde ke zničení i v období několika hodin. Dále je pak půda znehodnocována stavební činností lidstva z důvodu zvětšování populace, kdy potřebujeme další domy, ale také další stavby z důvodu zvyšováním životní úrovně obyvatel.

Velkými změnami prošla půda za poslední století. V období po druhé světové válce docházelo ke kolektivizaci a scelování malých polí do velkých lánů. Další změna nastala po tzv. Sametové revoluci, kdy z centrálně řízené ekonomiky přešlo nejen zemědělství do tržního hospodářství. Z výhradně ekonomických důvodů se mění hospodaření celých zemědělských podniků. Za účelem dosažení maximálního finančního zisku dochází například ke snižování počtu pěstovaných plodin a k omezování živočišné výroby. Tento trend je podporován podle mého názoru nevhodně nastavenými dotacemi. Postupně s vývojem techniky nastoupily velké moderní stroje, které pracují efektivněji ale z konstrukčních důvodů mají větší hmotnost a dochází k většímu utužení půdy. Další problém, který stále přetrvává je, že lidé, a to i na venkově ztratili vztah k půdě a krajině.

S rostoucím vývojem a výzkumem je na problémy znehodnocování půdy upozorňováno. Řešení jsou známá, ale k jejich zavádění do praxe dochází velice pomalu. Obsahem této práce je zvýšit potenciál půdy pomocí podpůrných látek, které pomáhají jejímu lepšímu stavu.

2. Cíl a metodika

2.1. Cíl práce

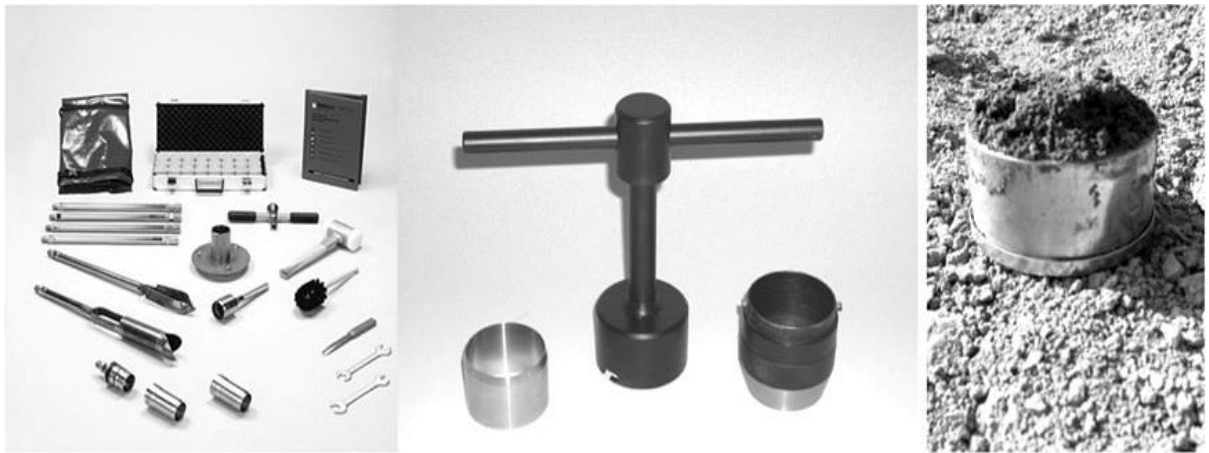
Cílem práce je zhodnocení vlivu organických látek a pomocných půdních látek pro zlepšení vlastností půdy. Práce se zaměřuje na sledování fyzikálních vlastností půdy, konkrétně se jedná o měrnou hmotnost, penetrační odpor, tahový odpor a infiltrační schopnost půdy. Pokusné pole obhospodařuje Zemědělská společnost Sloveč, a.s.

2.2. Metodika práce

2.2.1. Půdní vzorky

Neporušený půdní vzorek slouží k určení základních fyzikálních vlastností půdy. Neporušený znamená, že se půda nachází ve svém přirozeném uložení. K odběru se používají Kopeckého válečky. Jsou to válce z nerezové oceli na jedné straně opatřené břitem, standardně o objemu 100 cm^3 a maximální výškou 5 cm. V každém odběrovém místě se doporučuje odebrat 3 – 5 vzorků.

Na začátku měření, například lopatkou, očistíme svrchní vrstvu místa odběru. Odběrný váleček umístíme břitem dolů do přípravku. Pomocí přípravku váleček pomalu zatlačujeme do půdy tak, aby byl celý přibližně jeden centimetr pod povrchem. Poté pomocí lopatky váleček vyrýpneme. Odpadne-li část zeminy z válečku nebo obsahuje větší kámen, musíme provést odběr znovu. Z obou stran válečku odstraníme nožem přebytečnou zeminu, na obě strany nasadíme ochranná víčka, pro zajištění víček proti samovolnému otevření použijeme gumičku. Každý váleček, pokud není opatřen číslem tak očíslováme a zapíšeme místo odběru. V důvodu nežádoucího vysychání se doporučuje do laboratoře válečky transportovat v plastovém pytli. Na obrázku (Obr. 1) můžeme vidět vlevo sadu na odebrání neporušených půdních vzorků, uprostřed je přípravek, do kterého se umísťují válečky při odběru. Vpravo je vyobrazen Kopeckého váleček s odebraným vzorkem, který je již na spodní straně zavíčkovaný. [1] [4]



Obr. 1 - Sada na odebrání neporušených půdních vzorků [38]

Odvíčkovaný váleček umístíme na hodinové sklo a zvážíme. Hmotnost válečku a skla musí být dopředu známá, nebo po dokončení měření a vyčištění válečku dodatečně zvážíme. Tímto vážením a po přepočítání podle vzorce zjistíme aktuální vlhkost vzorku.

Váleček v horní části zakryjeme hodinovým sklem a umístíme ho na filtrační papír a vlhčíme destilovanou vodou. Vodu necháme kapilárně vzlínat alespoň 12 hodin, dokud není horní část vzorku provlhčena. Poté sejmeme váleček z filtračního papíru a necháme okapat. Opět zvážíme na hodinovém skle. Pomocí naměřené hmotnosti zjistíme nasákavost vzorku.

Následně položíme váleček na čtyřnásobně složený filtrační papír. Po 30 minutách váleček zvážíme a ze zjištěné hmotnosti učíme údaj třicetiminutové vlhkosti. Pak znovu umístíme váleček na složený filtrační papír zakrytý hodinovým sklem na 90 minut. Následně zvážíme a tím zjistíme maximální kapilární kapacitu. Váleček se opět postaví na složený filtrační zakrytý hodinovým sklem papír na dalších 22 hodin a poté zvážíme. Naměřená hodnota odpovídá přibližně retenční schopnosti.

Na závěr se váleček suší 24 hodin v peci na 105 °C. Po vychladnutí zvážíme a tím určíme podíl sušiny ve vzorku. [1]

2.2.2. Penetrační odpor

Nejjednodušší způsob sledování utužení půdy je pozorováním. Pozorováním během deště nebo při tání sněhu uvidíme, že někde se voda vsakuje pomaleji než na jiných místech. Dále pak můžeme sledovat barvu listů, stav růstu rostliny nebo problémy se zakořeněním. [6]

Pro měření penetračního odporu byl použit penetrometr. Tato metoda je jednoduchá, rychlá a cenově přijatelná. Princip měření spočívá v zatlačování normovaného kuželovitého trnu do půdy. Síla, kterou je trn zatlačován do půdy se zaznamenává, a je přepočítávána na působící tlak. Nejčastěji měříme v jednotkách MPa nebo kPa. Tato metoda je nepřímá, protože půdní odpor nezávisí jen na pórovitosti a objemové hmotnosti ale také na zrnitostním složení a vlhkosti. Metoda využívá přímé úměry mezi zhutněním a hustoty půdních částic. Z důvodu vlastností této metody můžeme porovnávat výsledky jen na polích stejných nebo velmi podobných půdních vlastností. [6]

Penetrometr se skládá z měřicí tyče zakončené normovaným kuzelem (ASAE – American society of agricultural engineers), siloměrem, měřidlem zahloubení a zařízením pro zaznamenávání naměřených hodnot. Dále pak může být vybaven dalším vybavením. [8] [9]

Při měření této práce jsme používali penetrometr, který vyvinuli O. Šařec, P. Šařec, V. Prošek z Technické fakulty ČZU v Praze. Měřicí hloubkové a tlakové rozsahy jsou 0 – 74 cm a 0 – 7 MPa s doporučenou rychlostí vtlačování 3 cm/s. Penetrometr je vybaven displejem a pamětí až na 998 měření a výstupem do počítače. Naměřená data jsou exportována v textovém souboru. Na obrázku (Obr. 2) je vidět penetrometr velmi podobný použitému při měření. [27]



Obr. 2 - Penetrometr PN-10

2.2.3. Tahový odpor

Tahový odpor má zásadní vliv na energetickou náročnost zpracování půdy. Velikost tahového odporu ovlivňuje zejména vlastnosti půdy a vlastnosti daného stroje pro zpracování půdy, tím se rozumí počet, geometrie a rozmístění jednotlivých pracovních nástrojů. Znalosti variability lokální pevnosti půdy, respektive odporu půdy proti vnikání cizího tělesa lze využít k jejímu mapování za účelem stanovení vlivu struktury půdy na vývoj rostlin a výnos. Výslednice sil jednotlivých dílčích odporů je v rovnováze s tahovou silou vyvozenou traktorem. Nejčastějším a nejpřesnějším způsobem stanovení celkového tahového odporu je změření této výslednice sil. K měření tahového odporu se nejčastěji používají tenzometrická měřidla. [10] [11]

Ke způsobu měření, který jsme zvolili pro tato měření, je potřeba dva traktory, tenzometrickou tyč, GPS přijímač a nářadí na zpracování půdy. K jednomu traktoru připojíme

nářadí. Do předního závěsu traktoru s nářadím zapojíme tenzometrickou tyč a druhou stranu zapojíme do spodních táhel zadního třibodového závěsu tažného traktoru. Zapojení do spodních táhel volíme, protože je nutné v průběhu celého měření udržet tenzometrickou tyč ve vodorovné poloze. Pokud by tyč nebyla ve vodorovné poloze, docházelo by k zatěžování neznámou velikostí svislé síly. Dále pak je tažený traktor vybaven GPS přijímačem a tím je k měřené síle zaznamenána i poloha měření. Po zapojení táhne tažený traktor se zahloubeným nářadím po měřeném úseku. Z důvodu eliminování svažitosti pozemku se provede měření i v opačném směru jízdy. Na závěr měření se absolvuje jízda po stejné trase ale s vyhloubeným nářadím. Toto měření slouží k odečtení jízdnic odporů soupravy. Existují další způsoby měření tahového odporu, jedná se zejména o použití pouze jednoho traktoru s jiným umístěním tenzometrických čidel. Tento způsob měření tahového odporu byl zvolen z důvodu jednoduchosti měření v polních podmínkách. Na další stránce je vidět obrázek soupravy v průběhu měření.



Obr. 3 - Měření tahového odporu

2.2.4. Infiltrace půdy

2.2.4.1. Metodou hydraulické vodivosti

Infiltrační schopnost půdy byla na jaře 2018 měřena pomocí metody Simplified Falling Head zkráceně SFH. Metoda spočívá v měření rychlosti vsaku vody do půdy dále pak v počáteční a koncové vlhkosti daného místa měření. Měření začíná vtlačení plechových válců nedaleko od sebe asi do 5 cm hloubky. Vnitřní průměr válce měří 152 mm a na výšku 150 mm. V půdě, která je ve válci byla nejprve změřena vlhkost. Do každého válce bylo nalito přibližně půl litru čisté vody, kterou byla přivezena na pole v nádobách. Po nalití vody do válce jsme začali měřit čas. Dokud se voda ve válci úplně nevsákla. Po vsáknutí jsme opět změřili vlhkost půdy. ve válci. Pro

výpočet hydraulické vodivosti jsme použili níže uvedený vzorec. [28] Níže zobrazuje fotka průběh měření.

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

$\Delta\theta$ rozdíl relativní vlhkosti půdy získaný před a po vsáknutí vody do půdy
 t_a čas, za který se vsákla voda do půdy
 α^* konstanta (dle druhu půdy)
 D podíl plochy válce a objemu vody



Obr. 4 - Měření hydraulické vodivosti

2.2.4.2. Infiltrační charakteristika pomocí simulátoru deště

Na podzim roku 2018 po sklizni cukrové řepy byla zjišťována infiltrační charakteristika pomocí simulátoru deště. Simulátor deště se skládá ze stojanu se stavitelnými nohama s tryskou rozstříkující obarvenou vodu například brilantní modří, která je přivedená hadicí z nádrže s čerpadlem. Pro názorné rozestavení simulátoru viz obrázek pod textem. Simulace deště s předem stanovenou intenzitou probíhá hodinu. Poté následuje pěti hodinová pauza, pro dostatečné vsáknutí obarvené vody do půdy. Následně došlo třikrát na jednom měřicím místě k odkrytí půdního profilu přibližně do hloubky 35 cm. V každém profilu bylo sledováno vsáknutí obarvené vody. Vše bylo zdokumentováno fotoaparátem. Zpracování probíhá v počítači v několika programech. Nejprve se provede výřez fotografie mezi hraničními kolíky. Následně se nastaví pomocí funkce zvýraznění obarvených půdních částic a nastavení citlivosti zvýraznění, aby

nedošlo k označení odlesku malých částic. Výstupem je černobílý snímek, kde bílá barva značí infiltrovaná místa a černá znázorňuje neobarvenou půdu. Na závěr v dalším programu se pomocí funkce spočítá plocha černých a bílých částí snímku. Černá barva značí neobarvenou půdu a bílá označuje infiltrovanou modrou barvu vody. [25] [36]



Obr. 5 - Simulátor deště

3. Půda

Tato kapitola slouží k přiblížení problematiky půd, mechanismům vzniku, fyzikálním vlastnostem a degradací.

Půdu lze definovat podle Ministerstva životního prostředí jako samostatný přírodní útvar vzniklý z povrchových zvětralin zemské kůry a z organických zbytků za působení půdotvorných faktorů. Je životním prostředím půdních organismů, stanovištěm rostoucí vegetace, slouží k pěstování kulturních rostlin. Půda je dynamický, stále se vyvíjející živý systém. Přežití a prosperita všech suchozemských biologických společenstev, přirozených i umělých, závisí na tenké vrchní vrstvě Země. [12]

Zajímavý pohled na půdu přináší [2]: „Člověk svou existenci a činností byl buď přímo či nepřímo odkázán na půdu, která mu svou produkcí poskytovala obživu, materiál pro stavbu obydlí a také příznivé přírodní podmínky pro život.“

Z výše uvedeného vyplývá, že půda je jedním z nejdůležitějších přírodních zdrojů a základní prvek k zajištění zemědělské produkce.

Dalšími důležitými vlastnostmi jsou:

- Retence – schopnost zadržovat vodu pro využití v období, kdy nejsou žádné srážky.
- Filtrace – obohacování vody o látky, které jsou v půdě obsaženy.
- Transportní funkce – umožňuje přemísťování látek v půdním prostředí.
- Transformace – přeměna organických a anorganických látek za pomoci chemických a biologických procesů. [2] [30]

Studiem půdy se zabývá obor pedologie do češtiny volně přeloženo jako půdoznalství. Tento vědní obor si klade za cíl popsat vznik půdy, charakterizovat její vlastnosti, stanovit klasifikační systém, zpracovat rozšíření půdních jednotek a určit možnosti hospodářského využití půd. Moderní pedologie se částečně zaměřuje na predikci změn v půdě, která nastává zejména vlivem lidské činnosti. [13]

3.1. Vznik

Půda vzniká postupnou přeměnou kompaktních hornin, jejich zvětralin a sedimentů. K tomuto materiálu jsou postupně přidávány různě přeměněné organické látky, se kterými se mísí a stmelují je. K přeměnám původních nerostných látek dochází vlivem několika procesů, které obvykle probíhají zároveň a navzájem se mezi sebou ovlivňují. Tyto procesy jsou vyvolané vnějšími faktory a jejich charakteristiky se mohou v průběhu měnit. Zvětrávání rozlišujeme na více typů, které budou následně popsány. [16] [2]

Fyzikální zvětrávání je pouhým mechanickým rozpadem celistvé horniny. Výsledkem rozrušování může být oddělení od malých částic a po velké kusy. Velké části horniny se postupně dále rozpadají. Hlavní příčinou jsou změny teploty, které vyvolávají v hornině vnitřní pnutí. Dále ke zvětrávání přispívají vodní eroze, abraze a větrná denudace. Velikosti působení těchto vlivů závisí na místních podmínkách. [2]

Velmi výrazné změny hornin a minerálů způsobuje chemické zvětrávání. Rozklad hornin a minerálů probíhá za působení vody, kyslíku, oxidu uhličitého a vzniká substrát s odlišným chemickým a mineralogickým složením, kterému z počátku chybí organické látky a organismy. Podle typu chemické reakce rozlišujeme zvětrávání rozpuštěním, oxidací nebo redukcí. [2]

Biologické zvětrávání je založeno na působení živých organismů, které se zúčastňují zvětrávání svým mechanickým a chemickým působením na horninu a půdotvorný substrát.

Nejviditelnější druh tohoto zvětrávání, které můžeme pozorovat je růst rostlin na kompaktních horninách, kde v oblasti kořenů je někdy vidět praskání horniny. [2]

Po předchozích zvětrávacích procesech ale i v průběhu zvětrávání nastupuje humifikace. K tomuto procesu dochází neustále i v již vzniklých půdách, dokud tato půda není naprosto zničená některým z degradačních procesů. Tento složitý proces je rozklad odumřelých rostlin. Po rozkladu prvních rostlin na zvětralinách zůstává více organických látek, než před jejich růstem. Opakováním tohoto procesu se procento humusu ve svrchní části vznikající půdy zvyšuje. Proces nárůstu humusu není nekonečný a jeho obsah se obvykle ustálí zhruba na 5 %, což neznamená, že se poté proces zastaví. [16]

3.2.Složení půdy

Půda se skládá ze tří fází tuhé, kapalné a plynné. Tuhá fáze půdy se skládá z částic půdy různého složení a velikostí. Většinu tvoří minerální podíl, na který připadá v našich podmínkách přibližně 95 % hmotnosti sušiny. Zbývající část tvoří organická složka. Kapalná fáze půdy je půdní voda. Složení i koncentrace tohoto roztoku závisí na působení fyzikálních, chemických a biologických procesů, které závisí na teplotě, vlhkosti, provzdušněním půdy a složením tuhé fáze. Plynná fáze tvoří půdní vzduch, který vyplňuje póry neobsahující vodu. Proti atmosférickému vzduchu obsahuje více oxidu uhličitého a méně kyslíku, větší množství vodních par a dalších látek. [15] [1]

3.3.Fyzikální vlastnosti

3.3.1. Textura

Minerální podíl pevné fáze půdy se skládá z částic neboli zrn různé velikosti, kterými jsou úlomky matečních hornin, primární a sekundární minerály půdotvorného substrátu. Dále pak stupněm mechanického, chemického a biologického zvětrávání. Při základním určování se dělí částice podle velikosti na jemnozem a skelet. Rozlišuje se také tvar částic na kulové, šupinkové a vláknité. Podrobné rozdělení do frakcí je uvedeno v tabulce (Tab. 1). [2]

Velikost zrn [mm]	Označení frakcí	
< 0,001	jíl	jemnozem
0,001 – 0,01	jemný a střední prach	
0,01 – 0,05	hrubý prach	
0,05 – 0,25	jemný písek	
0,25 – 2,00	střední písek	
2,00 – 4,00	hrubý písek	skelet
4,00 – 30,00	štěrk	
> 30,00	kámen	

Tab. 1 - Zrnitostní rozdělení půdy [2]

3.3.2. Klasifikace půdních druhů

Půdy se klasifikují podle mechanického složení, podle procentuálního zastoupení jednotlivých velikostních frakcí zrn na půdní druhy. Zrnitostní složení značně ovlivňuje konzistenční a technologické vlastnosti půdy, soudržnost, přilnavost a zpracovatelnost. Zrnitost půd patří mezi základní charakteristické znaky i když sama o sobě k podrobné charakteristice půdy nepostačuje. V následující tabulce vidíme klasifikační stupnici zemin podle Nováka s přibližným zastoupením zemin v ČR. [2]

Obsah částic menších 0,01 mm [%]	Označení druhu půdy	Klasifikace	Zastoupení v ČR [%]
0 - 10	písčítá	lehká	19
10 - 20	hlinitopísčítá		
20 - 30	písčitohlinitá	středně těžká	59
30 - 45	hlinitá		
45 - 60	jílovitohlinitá	těžká	17
60 - 75	jílovitá		
nad 75	jíl		
–	silně štěrkové až kamenité	–	5

Tab. 2 - Kvalifikace půd a jejich zastoupení [2]

3.3.3. Měrná hmotnost

Měrná hmotnost představuje poměr pevné fáze půdy ku objemu půdy. Hodnota bude záviset především na podílu organických látek a na chemickém složení horninotvorných minerálů půdotvorného substrátu. Tuto hodnotu snižuje větší obsah humusu, a naopak zvyšuje vyšší zastoupení těžších minerálů.

3.3.4. Objemová hmotnost

Objemovou hmotnost redukovanou představuje hmotností poměr vlhkosti zbaveného vzorku v neporušeném stavu k jeho objemu. U výpočtu neredukované hmotnosti se vzorek nevysušuje a počítá se i hmotností vlhkosti. Tato hodnota velmi závisí na pórovitosti půdy a vlhkosti. V obvyklých podmínkách objemová hmotnost dosahuje přibližně 1,2 – 1,5 g.cm³. [17] [29]

3.3.5. Pórovitost

Ze strukturního stavu půdy vyplývá celkový objem pórů v neporušené půdě. Povrchové horizonty půdy mají pórovitost okolo 50 %. Póry jsou vyplněny vzduchem nebo půdní vodou. Pórovitost je ovlivněna texturou půdy a ulehlostí. Póry se dělí na tři typy, podle působení sil kapilárních a gravitační na vodu v pórech, na kapilární, semikapilární nekapilární póry. [17]

3.3.6. Vlhkost půdy

Vlhkost udává poměr obsahu vody v jednotce půdy. Měrná vlhkost půdy udává mezi hmotností vody a hmotností vysušené půdy, nebo objemovou hmotnost vody, která udává poměr mezi objemem vody a objemem půdního vzorku. Měření vlhkosti přímou metodou se stanovuje přes půdní vzorky. Dále vlhkost můžeme měřit nepřímými metodami, kde se měří veličiny závislé na vlhkosti. Vlhkost půdy je velice důležitá pro její zpracování, Každý druh půdy má ideální interval vlhkosti pro dobrou zpracovatelnost, čím je půda těžší tím je interval vlhkosti pro zpracování menší. [18] [2]

3.4. Chemické vlastnosti

3.4.1. Chemické složení půdy

Určuje zastoupení jednotlivých prvků v půdě. Na chemické složení značně závisí vlastnosti půdy. Složení ovlivňují původní hornina, ze které půdu vznikla, klimatu určující charakter půdotvorných procesů, procesech probíhajících v půdě a samozřejmě činnost člověka. Chemické složení půdy se liší proti složení zemské kůry. Půda obsahuje více kyslíku a křemíku, uhlíku a dusíku. [2]

3.4.2. Reakce

Reakce neboli kyselost půdy patří k velmi důležitým charakteristikám půdy. Ovlivňuje půdotvorné procesy, růst rostlin, přítomnost půdních organismů a další půdní vlastnosti. Na tom, jestli je půda kyselá, neutrální nebo alkalická závisí na rozpustnosti různých sloučenin, síly vazby výměnných iontů, aktivitou různých mikroorganismů a dalších. Půdní reakce se udává v jednotkách pH nebo v mmol (obsahu vodíkových iontů) na 100 g zeminy. Stupnice pH má rozsah hodnot 0 až 14, kde hodnota 7 je pro neutrální roztok. Při nižší hodnotě pH než 7 se jedná o roztok kyselý a při vyšších se jedná o zásaditý. Velký vliv na to má činnost člověka například používáním kyselých působících minerálních hnojiv, špatným osevním postupem nebo také výskytem kyselých dešťů. Okyselení půdy má ve výsledku snížení výnosů většiny plodin. [1] [2]

3.5. Biologické vlastnosti

Množství půdních organismů

Půdní organismy se v půdě účastní většiny přeměn organické hmoty a při biologickém zvětrávání i přeměn části minerální. Organismy žijící v půdě trvale nebo jen dočasně přežívající nazýváme půdním edafonem, který tvoří asi 5% organické složky. Ten je tvořen organismy mikroskopické velikosti (mikroedafon) a organismy většími (mezo a makroedafon). Přibližnou strukturu edafonu můžeme vidět na následujícím obrázku.



Obr. 6 - Složení edafonu [2]

3.6. Degradace půdy

Tento proces je negativní a nežádoucí. Pod pojmem degradace půdy se označují procesy, které mohou vést ke znehodnocování půdy ve všech jejích funkcích. Hlavními příčinami jsou nejen vedlejší negativní důsledky extenzivního i intenzivního zemědělství ale také důsledky lidské civilizace jako celku. Dále to mohou způsobovat přirozené vlivy prostředí. Často dochází ke kombinaci obou typů vlivů, kdy člověk svou činností zesiluje působení přírodních vlivů. Tento problém netrápí pouze Českou republiku ale celý svět. Zastoupení a velikosti degradačních činitelů se ve světě liší. Degradace bývá obvykle pomalým procesem, ale důsledky mohou vést k omezení nebo až ke trvalému zničení funkcí půdy. Protože půda v zemědělství neslouží pouze k produkci potravin, ale například k výrobě biopaliv nebo textilu, tak bychom zničení půdy nepocítili jen jako nedostatek potravin. Jednotlivé druhy degradace půdy popisují následující podkapitoly. [19] [20]

3.6.1. Eroze

Eroze je definovaná jako komplexní proces rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci půdních částic, působením erozních činitelů. Jedná se o přírodní jev probíhající v přírodě bez vlivu člověka, který nelze zastavit. Činnost člověka tento proces většinou velice urychluje. Normální eroze neustále mění reliéf území a probíhá velice pomalu a z hlediska generace člověka téměř nepoznatelná. Zrychlenou erozi považujeme za škodlivou, protože ochuzuje půdu o nejurodnější část ornice. Vodní a větrná eroze je v České republice i v Evropě nejvýraznější degradační činitel. [19] [20] [21]

3.6.1.1. Vodní eroze

Při dešti dochází oddělování drobných půdních částic deštěm a když množství srážek převyší infiltraci půdy dochází ke splachu oddělených částic proudící vodou. Nejčastěji nastává v letních obdobích, kdy je nejčastější výskyt přívalových dešťů. Půda během krátké chvíle není schopna pojmut další srážkovou vodu a dochází k povrchovému odtoku, kdy voda sebou unáší půdní částice. Tento typ eroze nejvíce ohrožuje svažité pozemky, na kterých se pěstují širokořádkové plodiny, brambory anebo tam je čerstvě zpracovaná půda. S využitím půdoochranných technologií riziko poškození pozemku klesá. Vodní eroze nejenže poškozují půdu ale také samotné rostliny na polích, protože prouděním vody dochází k obnažení kořenového systému rostlin a v místě usazování jsou rostliny zaplaveny a zahrnuty naplavenou půdou. Po

působení vodní eroze zůstává odplavená půda v lepším případě na níže položených částech pozemku, kde je menší svah nebo rovina. V horším případě zůstává půda v korytě vodního toku, rybníku, případě působí značné škody na majetku osob a obcí. Ukázkou vodní eroze můžeme vidět na obrázku pod textem. [19] [3]



Obr. 7 - Následek přívalového deště [39]

3.6.1.2. Větrná eroze

Vítr působí na povrch půdy svou mechanickou silou, rozrušuje půdu a uvolňuje půdní částice uvádí je do pohybu a přenáší je na různou vzdálenost, kde se rychlost větru snižuje. Na tento typ eroze jsou náchylné pozemky se sušší lehčí půdou nedostatečně kryté porostem. Poškození tímto typem eroze není v našich podmínkách výrazné. [3]

3.6.1.3. Gravitační eroze

Probíhá nepřerušovaně ve všech svazích, kde síla gravitace způsobuje svahové pohyby půdy. Probíhá zejména při zpracování půdy. Tento druh degradace není nijak závažný, protože pozemky s velkou svažitostí jsou zalesněny nebo zatravněny. Při orbě svažitých pozemků se doporučuje volit jízdy tak, aby se skýva převracela směrem do svahu. [3]

3.6.1.4. Další typy eroze

Déle existují typy erozí, se kterými se v našich podmínkách nesetkáme ale stojí za zmínění. Patří mezi ně ledovcová a sněhová eroze. [3]

3.6.2. Změny fyzikálních vlastností půdy

K negativním změnám ve fyzikálních vlastnostech dochází při utužování půdy neboli pedokompakci. Při tomto procesu dochází ke zvyšování objemové hmotnosti, zmenšuje se pórovitost půdy, což vede ke snížení infiltrační schopnosti půdy a retenční vodní kapacity. Utužení půdy výrazně ztěžuje rostlinám kořenit do hloubky, kde jsou živiny a vláha. Utužením půdy je v České republice ohroženo přibližně 40 % zemědělské půdy. Na dalších desítkách procent je půda ohrožena utužením, které má za vinu nesprávná agrotechnika a nesprávné technologie. Příčiny můžou být například práce nevhodné mechanizace, práce těžkých strojů na poli při vysoké vlhkosti půdy, zbytečných opakovaných přejezdů strojů, pěstování monokultur bez zastoupení víceletých pícnin a další. Tento problém je důležité si uvědomovat, protože s používáním velkých těžkých strojů umožňující velký záběr a často i malému počtu plodin v osevním postupu z ekonomického důvodu nabývá tento problém ještě na větší důležitosti. [19] [22]

3.6.3. Ztráty organické hmoty

Organická hmota je nezbytná k udržení půdní struktury, zadržování vody, a hlavně slouží jako zásobník živin, který je z humusu postupně uvolňován působením mikroorganismů. Obsah humusu v půdě výrazně klesá intenzivním zemědělstvím. [23]

Příčiny dehumifikace mohou být následující:

- působením vodní a větrné eroze
- nedodáváním kvalitní organické hmoty do půdy při intenzivní produkci
- nevhodné obhospodařování
- zvýšenou mineralizací při změně aeračních podmínek po odvodnění

3.6.4. Zasolování

Při výstupu podzemních vod k povrchu a následnému odpaření dojde ke krystalizaci solí na povrchu nebo v půdě. Dále pak může tento problém nastat u zavlažovaných ploch vodou s vysokým obsahem minerálů. Důsledkem zasolení je negativní ovlivnění fyzikálněchemických a chemických vlastností půdy, kdy dojde ke snížení úrodnosti.

Půdy v České republice nejsou nijak výrazně tímto problémem ohroženy, ale při celosvětovém pohledu je tento problém výraznější. [23]

3.6.5. Acidifikace

Acidifikace je přírodní proces, který lze definovat jako snižování obsahu uhličitánů v půdě a půdním roztoku. Okyselování půdy dochází deštěm v znečištěném ovzduší (kyselé deště), nadměrným užíváním některých průmyslových hnojiv a rozkladem některých organických látek, při kterých vznikají organické kyseliny. Ke zvýšení pH a vytvořením optimálního prostředí se používají hnojiv s obsahem vápníku nebo přímo vápněním. [19] [23]

3.6.6. Znečištění a kontaminace půdy

Tento způsob degradace je vinou pouze člověka, kdy dochází k obohacování půdy nejrůznějšími látkami, které obsahují rizikové prvky. Tyto látky se do půdy dostávají při těžbě některých nerostných surovin, špatným nakládáním s odpady nebo při havarijních situacích, kdy bylo manipulováno s nebezpečnými látkami. Dále se pak do půdy mohou dostávat při používání agrochemie na polích. Při zvýšené kontaminaci může dojít narušení funkcí půdy, tím snížení výnosů nebo přestupem rizikových prvků z půdy do pěstovaných plodin. V České republice existují oblasti se zvýšenou zátěží půdy z imisních spadů, následkem těžební činnosti. Většina těchto míst nemá žádná významnější rizika pro člověka. [19] [23]

3.6.7. Zastavování půdy

Nejedná se přímo o poškozování půdy, ale jedná se o zabírání zemědělské půdy výstavbou novými stavbami. Jedná se obytné stavby z důvodu růstu populace, dopravní a inženýrské infrastruktury z důvodu přesunu většího počtu osob a zboží a dalších staveb. Myslím si, že při stavbě nových objektů a infrastruktury by se mělo nejprve hledat již zastavěné místo, které není

využíváno než stavět hned tzv. na zelené louce. Na mnohých místech zejí prázdnou nevyužitou objekty vhodné k demolici nebo nevyužitá místa. Investorům se stále vyplatí stavět na nových místech než rekonstrukce nebo demolice starých objektů. Tato změna zemědělské půdy je nevratná. Snižuje se rovněž biodiverzita v dané oblasti. Zmenšuje se schopnost infiltrace dešťových srážek na daném území, protože se voda na betonu nebo asfaltu nevsákne. To způsobuje odtok vody z krajiny a může způsobovat lokální povodně z čehož vyplývá, že se nemusí dostatečně doplňovat hladina podzemní vody. Pro představu, jak je úbytek velký uvádím zde citaci tiskové zprávy Ministerstva životního prostředí z roku 2009: „*Za poslední rok ubylo v České republice zhruba 19 hektarů zemědělské půdy denně. Od roku 1966 do roku 2007 přišla Česká republika o 235 tisíc hektarů.*“

Úbytek půdy nemusíme nyní považovat za problém, protože máme v Evropě nadbytek potravin. Tato situace se však může v budoucnu změnit. Je nutné, aby si tuto skutečnost společnost uvědomila a řešením je zavedení příslušných zákonů. [19] [31]

3.6.8. Vztah k půdě

I v tomto případě se nejedná přímo o poškozování půdy, ale vztah k půdě dle mého názoru přímo souvisí s chováním k půdě. Tato problematika je naznačena v úvodu. Dříve lidé hospodařili na svých pozemcích a o své pole se starali, protože to byl jejich zdroj potravy a financí. Při kolektivizaci zemědělství v 50. letech minulého století docházelo vkládání polí do družstev. Generace, která toto zažila byla poslední, která měla k půdě vztah. Při scelování pozemků lidé už neviděli svá malá pole a nastupující generace již viděla velké lány polí a jen tušili, že v těch lánech polí kdysi měli nějaká malá pole. Po Sametové revoluci většina družstev zůstala nebo byla nahrazena jinými velkými zemědělskými společnostmi. Soukromých zemědělců vzniklo jen málo. Když v dnešní době dochází k poškozování půdy většinou nesprávným hospodařením velkých zemědělských podniků na pronajímané půdě, vlastníkům to většinou nevadí.

3.7. Půdní typy v České republice

Půdní typy rozdělujeme pomocí Taxonomického klasifikačního systému půd ČR. Půdy se rozdělují do skupin, ty se skládají z půdních typů, které se dělí na jednotlivé subtypy. Dělení je především založeno dle zastoupení, uspořádání půdních horizontů a matečné horniny. [34]

Nejběžnější zemědělsky využívané půdní typy:

- Kambizemě – nejrozsetější půdní typ, využívají se pro méně náročné plodiny a ve vyšších polohách jsou zatravněny
- Hnědozemě – úrodné půdy, vyskytují se v nížinách a některých částech pahorkatin
- Černozemě – nejúrodnější půdy, vyskytují se v nížinách s teplým podnebím
- Pseudogleje – pravidelně zamokřené půdy, jsou málo úrodné, obvykle jsou zatravněny
- Fluvizemě – rozkládají se v blízkosti vodních toků, mají různorodé vlastnosti, proto se liší jejich kvalita
- Rendziny – vyskytují se zřídka v různých nadmořských výškách, mají malý obsah humusu, proto bývají zatravněny
- Gleje – podmáčené půdy vyskytující se v nivních oblastech, zemědělská hodnota je nízká ale mají velký význam v zadržování vody v krajině [34] [35]

3.8. Hodnocení půdního fondu

Cílem hodnocení půdního fondu je zjištění produkční schopnosti půdy. Existuje mnoho metod, která mají různá kritéria. Na začátku 20. století mezi hlavní kritéria patřilo zrnitostní složení, vrstevnatost půdy a obsah humusu. Později se začaly přidávat další kritéria. Mimo nejznámější hodnocení BPEJ (bonitovaná půdě ekologická jednotka) se používají HPKJ (hlavní půdně klimatická jednotka), HPJ (hlavní půdní jednotka) a další. [1]

Bonitovaná půdě ekologická jednotka (BPEJ)

Hodnocení touto metodou vzniklo v 80. letech minulého století jako nástroj k řízení zemědělské politiky. Toto hodnocení vyjadřuje kvalitu půdy na základě popisu hlavních půdních jednotek, zařazení do klimatických regionů, konfiguraci pozemku podle skeletovitosti, hloubky půdy, svažitosti a expozice. U menších pozemků je tato metoda méně přesná, protože nedochází vždy k přesnému měření. Využití této metody hodnocení se používá zejména zákonem pro daňové účely. Pro vysvětlení kódu hodnocení půdy podle této metody je vysvětleno v tabulce. [18] [26]

Označení kódu BPEJ	Pořadí číslice v kódu BPEJ	Slovní popis	Rozsah hodnot
X.xx.xx	1.	kód klimatického regionu	0-9
x.XX.xx	2. a 3.	kód hlavní půdní jednotky	01–78
x.xx.Xx	4.	sdružený kód sklonitosti a expozice	0-9
x.xx.xX	5.	sdružený kód skeletovitosti a hloubky půdy	0-9

Tab. 3 - Hodnoty BPEJ [26]

3.9. Pomocné půdní látky

Tento typ látky přesně definuje zákon č. 156/1998 Sb. Zákon o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd. Pojmem pomocné půdní látky se podle zákona rozumí „*Pomocnou půdní látkou látka bez účinného množství živin, která půdu biologicky, chemicky nebo fyzikálně ovlivňuje, zlepšuje její stav nebo zvyšuje účinnost hnojiv, s výjimkou přípravků na ochranu rostlin.*“ Aby bylo možné pomocné půdní látky (dále jen PPL) na území ČR používat, musí být registrovány. PPL jsou poveleny pouze když, neohrožují úrodnost půdy ani zdraví lidí nebo zvířat, nepoškozují životní prostředí, splňují požadavky na označení.

PPL mají za úkol zlepšovat půdní vlastnosti. Již delší dobu se využívají v zahradnictví ovocnářství a parkových úpravách. Často se také používají při rekultivaci důlních oblastí nebo míst silně poškozených erozí. V dnešní době najdeme na trhu přibližně sedmdesát přípravků a do budoucna lze předpokládat jejich rozšiřování.

3.9.1. Rozdělení PPL

3.9.1.1. Podle skupenství

Přírodní – Jsou čistě přírodního charakteru.

Syntetické – Vyrábějí se ze syntetických materiálů, ale mohou obsahovat přírodní látky.

Pevné – Nejčastěji jsou aplikovány rozmetadly minerálních hnojiv na pozemek a při zpracování půdy jsou zapraveny do půdy. Dále se mohou přidávat přímo do statkového hnojiva.

Kapalné – Mohou být aplikovány postřikovači, kdy se ředí vodou v daném poměru. Dalším způsobem může být aplikace závlahovým systémem, nebo se můžou použít při moření semen osiva.

3.9.1.2. Podle účinných látek

Hydrogely – Polymerní látky v práškové formě, které absorbují vodu a vytváří gel. Voda v gelu je schopna vázat živiny. Rostliny v období s nedostatečnou vláhou vodu z gelu čerpají. Životnost těchto látek se pohybuje okolo pěti let.

Tepelně upravené vulkanické horniny – Látky vytvořené tepelným zpracováním vulkanických hornin. Tyto látky se vyznačují velkou pórovitostí a slouží k vylehčování půdy, poutání vody a živin.

Půdní očkovačla – Látky, které obsahují mikroorganismy napomáhající zvýšení rozkladu organických zbytků a vázání vzdušného dusíku.

Části řas a rostlinné výtažky – Látky, příznivě ovlivňující fyzikálněchemické vlastnosti půdy

Drcené horniny – Látky vyrobené drcením nerostů. Obvykle se aplikují do podestýlky hospodářských zvířat nebo i se přidávají do krmiv. Tyto látky pak na poli pomáhají zadržovat živiny.

Zuhelnatělá biomasa – Látky vznikající spalováním biomasy s nedostatkem kyslíku. Jedná se převážně o dřevěné uhlí. Cílem je zlepšit půdní vlastnosti.

4. Hnojiva a PPL použité na zkoumaném poli

4.1. Chlévský hnůj

Jedná se tuhé statkové hnojivo, které vzniká fermentací chlévské mrvy. Skladování hnoje probíhá na hnojišti, kde dochází k fermentaci tzn. proces přeměny organických látek. Chlévská mrva obsahuje pevné výkaly zvířat, stelivo a případně zbytky krmiva. Vyzrálý hnůj poznáme podle tmavé barvy. Typický zápach mrvy i hnoje je po amoniaku. O kvalitě chlévského hnoje rozhoduje

obsah organických látek, živin, druh zvířete a jeho krmení. Dále pak záleží na druhu použitého steliva a jeho použitím množství. Jako nejčastější materiál podestýlky se používá obilná sláma.

4.2.NPK

Jedná se o pevné vícesložkové minerální hnojivo v malých granulích. Výhodou je jednoduchá manipulovatelnost a aplikace. Hnojivo doplňuje půdu o dusík, fosfor a draslík. Používají se různé zastoupení hlavních prvků ve hnojivu případně doplněné o další látky. Dusík napomáhá růstu vegetace, stonků a listů. Draslík je důležitý pro celkové zdraví rostliny. Posiluje například odolnost rostliny vůči plísním. Fosfor napomáhá rozvoji a růstu kořenů a květů. Důležité je správné dávkování. Přehnojená rostlina má tendenci rychle růst, to se může projevit například poleháním nebo kvalitou jejích plodů.

4.3.Z' fix

Tato pomocná půdní látka funguje jako aktivátor biologické transformace statkových hnojiv, to znamená cílené ovlivňování bakteriálních pochodů v podestýlce. Přípravek se prodává ve formě granulí a výrobcem je francouzská společnost PRP Technologies. Přípravek lze využívat i v ekologickém zemědělství. Granulát se skládá z vápenatých a hořečnatých s příměsí makro a mikroelementů prvků draslíku, sodíku, síry, železa, manganu. Po použití přípravku se zlepšují vlastnosti podestýlky, tím se sníží emise amoniaku, zvýší svoji nasákavost a sníží množství pachových látek uvolněných do vzduchu. Z toho vyplývá úspora steliva při udržení čistoty zvířat. Další výhodou je možnost aplikovat přípravek za přítomnosti zvířat. Přípravek aplikovat na všechny druhy statkových hnojiv. Takto ošetřené statkové hnojivo má větší živinový potenciál.

[31]

5. Praktická část

5.1. Charakteristika Zemědělské společnosti Sloveč, a.s.

Zemědělská společnost Sloveč, a.s. (dále jen ZS Sloveč) byla založena v roce 1996 a sídlí v Městci Králové v okrese Nymburk. V současné době obhospodařuje více než 3000 ha a většina pozemků se nachází v okolí sídla firmy. ZS Sloveč pěstuje zejména cukrovou řepu, ozimou pšenici, ozimý ječmen, jarní ječmen, ozimou řepku, kukuřici, vojtěšku a dále pak další plodiny s výrazně menším zastoupením. Živočišná výroba se zaměřuje na skot, v současnosti chová přibližně 500 krav zaměřených na produkci mléka. Z vozového parku společnosti stojí za zmínění pásové traktory značky John Deere. Společnost uvědomuje a řeší problematiku zhutnění půdy, protože hospodaří na těžších půdách. [32]

5.2. Charakteristika pokusného pozemku

Pokusné pole se nachází v katastrálním území Městce Králové s přibližnou rozlohou 55 ha, ale pro pokusné zásahy se využívá pouze část. Rovinatý pozemek se nachází přibližně v 215 m. n. m.

Celý pozemek je označen číselným kódem BPEJ 3.07.00. Tato oblast spadá do třetího klimatického regionu, který je teplý a mírně vlhký. Podle charakteristiky regionu se průměrná roční teplota pohybuje v rozmezí 8 a 9 °C, suma ročních teplot nad 10 °C je v rozsahu 2500 až 2800. V oblasti lze očekávat 550 – 650 mm srážek za rok. Pravděpodobný výskyt suchých vegetačních období se pohybuje okolo 15 %. Hlavní půdní jednotka nás informuje o tom, že je půdní typ charakterizován jako černozem, půdotvorný substrát se skládá ze slíny a jílovité břidlice. Co se týče hydrologických vlastností půda má velmi nízkou rychlost infiltraci vody i při úplném nasycení, především z důvodu velkého obsahu jílovitých částic. Výhodou tohoto typu půdy je velká retenční kapacita a její velká využitelnost. Obecně těžší půdy jsou náchylné k utužení, a naopak u nich téměř nehrozí větrná eroze. Hloubka půdy se v této oblasti pohybuje nad 60 cm s celkovým obsahem skeletu do 10 %. Z výše uvedených informací vyplývá, že lze půdu považovat za velice kvalitní a vhodnou jako ornou půdu pro zemědělskou produkci. [33] [26]

5.3. Varianty pozemku



Obr. 8 - Mapa variant pokusného pozemku

Rozložení pokusných parcel vidíme na obrázku výše. Pole začíná vynechaným krajem pozemku, kde by mohlo docházet ke zkreslování výsledku z důvodu otáčení mechanizace na souvratích. Následuje parcela o rozměrech 160×422 m, kde byl aplikován kravský hnůj v dávce 50 t/ha ošetřený přípravkem Z'fix (číselné označení varianty 5051). Poté následuje parcela považována za kontrolní o velikosti 32×422 m, kde nebylo aplikováno žádné statkové hnojivo (číselné označení varianty 5053). Na zbytek pole byl aplikován pouze neošetřený kravský hnůj ve

stejně dávce jako ošetřený tedy 50 t/ha (číselné označení varianty 5052), ale měření probíhala v blízkosti vedle kontrolní parcely.

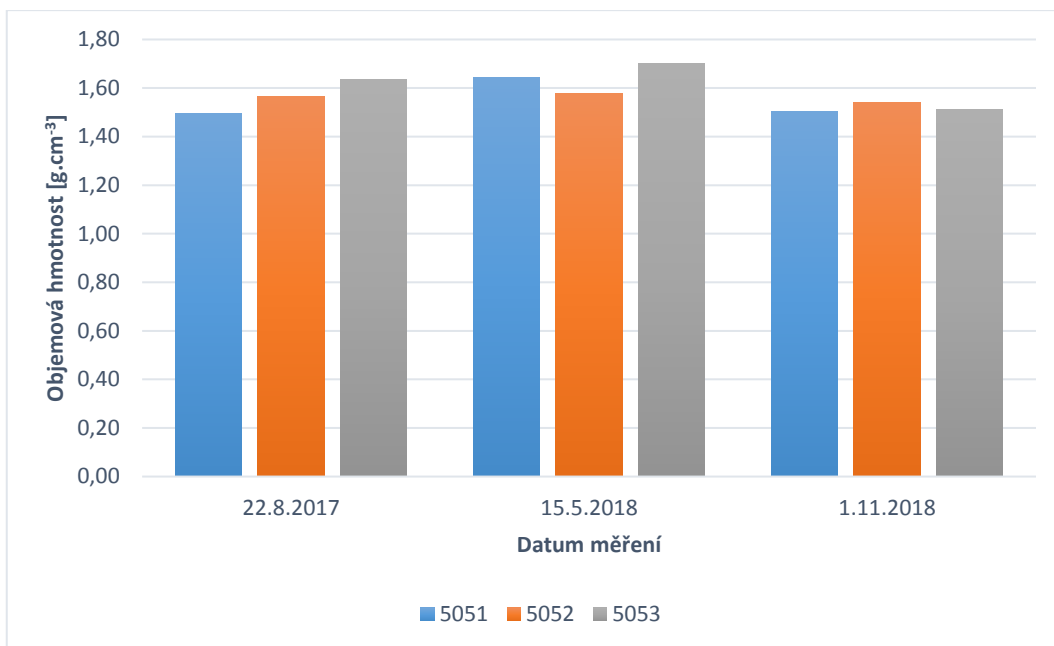
Celé pole bylo v průběhu vegetace přihnojeno minerálním hnojivem NPK. Varianty na tomto poli byly založeny jako nové na podzim roku 2017, kdy se provádělo vstupní měření, výjimkou bylo měření tahového odporu a penetračního odporu, které proběhlo na jaře téhož roku. V rámci osevního postupu na jaře roku 2018 byla zaseta cukrová řepa, předplodinou byl ječmen. Pro rok 2019 se předpokládá zasetí máku.

5.4. Sledované fyzikální vlastnosti půdy

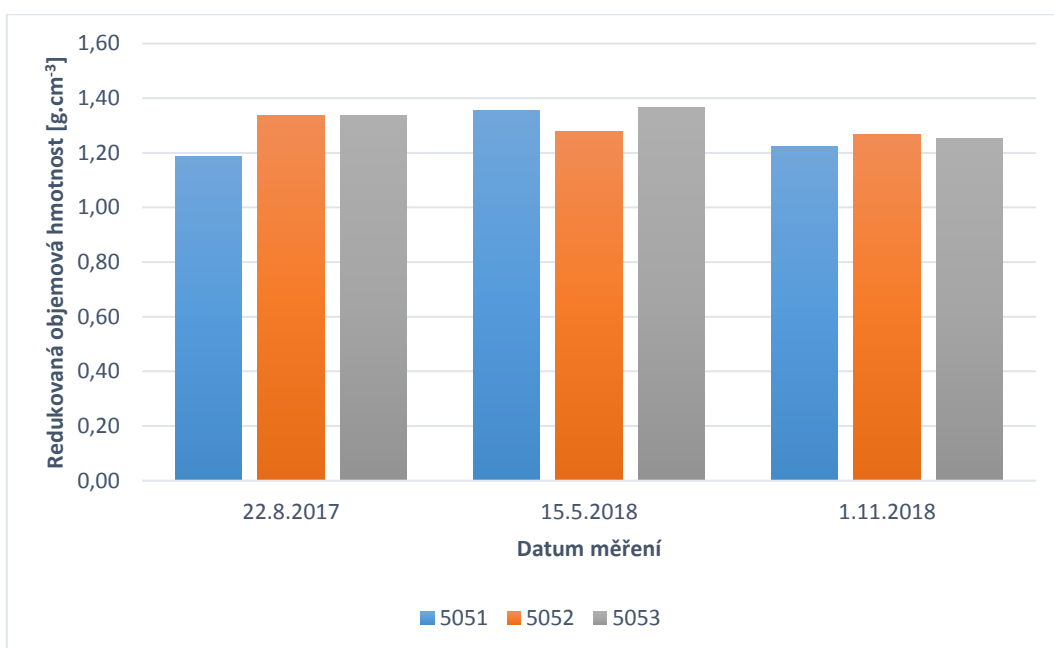
Sledované vlastnosti půdy mají podstatný vliv na pěstované plodiny. Další výrazný vliv na rostliny má počasí zejména ve vegetačním období plodiny. Počasí v letech 2017 a 2018 bylo velmi podobné. Oba roky charakterizovalo nadprůměrná teplota s podprůměrným množstvím srážek. Typickým znakem jílových půd je velice malý interval vlhkosti půdy pro její ideální zpracování. Pokusná měření trvají teprve druhým rokem, proto nemusí být na první pohled zřetelné výsledky. Následující kapitoly popisují zpracovaná naměřená data fyzikálních vlastností.

5.4.1. Objemová hmotnost

Objemová a redukovaná objemová vlhkost byla měřena pomocí Kopeckého válečků. Touto metodou se odebírají neporušené půdní vzorky. Z každé varianty byly odebíraný tři vzorky z důvodu zajištění reprezentativního souboru. První měření proběhlo koncem srpna 2017 před aplikací statkového hnojiva a PPL Z'Fix. Další měření se uskutečnilo v polovině května 2018, kdy byl porost cukrové řepy vzejitý. Poslední měření se realizovalo po sklizni cukrové řepy začátkem listopadu 2018. Na následujících grafech vidíme naměřené objemové hmotnosti a redukované objemové vlhkosti.



Graf 1 - Objemová hmotnost



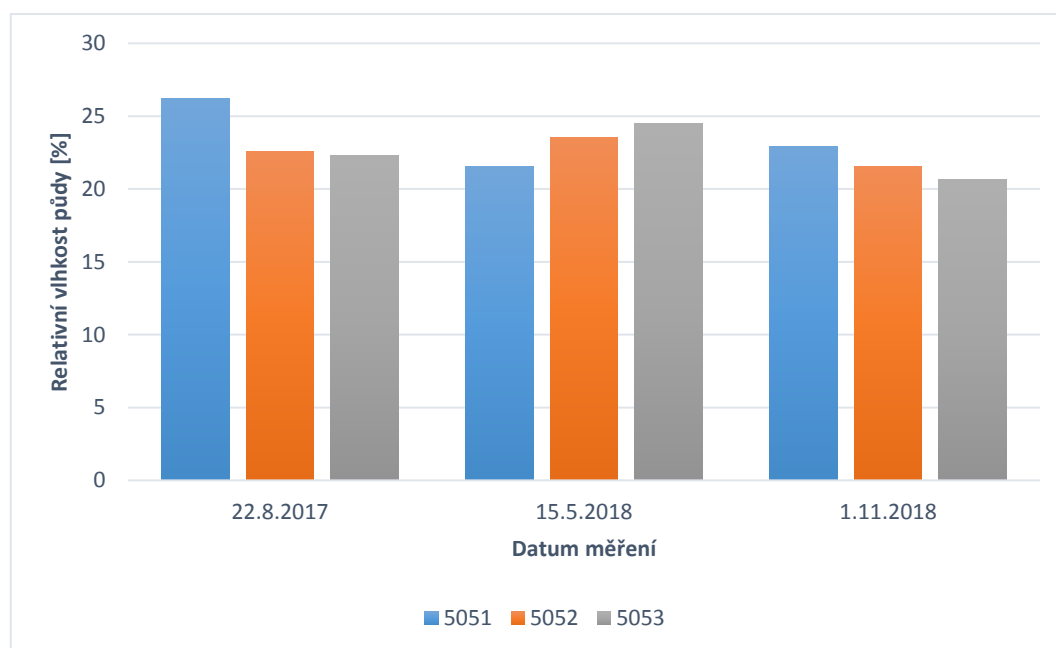
Graf 2 - Redukovaná objemová hmotnost

Z grafů objemové hmotnosti ale hlavně redukované objemové vlhkosti vyplývá, že největšími změnami prošla varianta 5051 (hnůj a Z'fix), kdy od podzimu od jara došlo k nárůstu redukované objemové hmotnosti o 0,2 g.cm⁻³ a následnému poklesu při posledním měření přibližně zpět na původní hodnotu. U varianty 5052 (kravský hnůj) je patrný postupný pokles

přibližně o $0,1 \text{ g.cm}^3$. I varianta 5053 (kontrola) zaznamenala mírný pokles. Měření na podzim roku 2018 může být mírně ovlivněno technologií sklizně cukrové řepy. Sklizeč řepy vyorává bulvy s vrchní částí půdy, která je postupně vyseparována na čistícím zařízení zpět na pole. Na druhou stranu stroj využívá širokých pneumatik, pro snížení měrného tlaku na půdu, a tzv. krabího chodu, takže byl celý pozemek všude alespoň jednou přejetý pneumatikou.

5.4.2. Vlhkost

Vlhkost půdy byla určována přímou metodou s využitím odebraných neporušených půdních vzorků. Vlhkost se spočítala jako rozdíl hmotností odebraného vzorku a vysušeného vydělený hmotností vysušeného vzorku. Při vynásobení tohoto čísla stem vychází výsledek v procentech. Pro výpočet vlhkosti se používaly stejné vzorky jako při stanovování objemové hmotnosti, tudíž je datum odběru stejný.



Graf 3 - Vlhkost půdy

Z grafu je patrné, že měření probíhala přibližně za stejné vlhkosti povrchové vrstvy půdy, kdy se rozdíly lišili jen o několik procent. Vlhkost v hlubších vrstvách půdy se mohla lišit, protože v provedeném způsobu měření byly odebírány vzorky na povrchu. Obsah vody v hlubších vrstvách půdy závisí na dlouhodobém počasí před měřením, zejména na srážkách a teplotě vzduchu. U jarních měření lze předpokládat vyšší vlhkost v hlubších vrstvách, protože tomu předchází jarní

období s nižšími teplotami. Naopak při podzimním měření lze očekávat nižší vlhkost v hlubších vrstvách půdy, protože předcházející počasí bylo teplé a jen občasným výskytem s malým množstvím dešťových srážek. Vyrovnanost vlhkosti mezi jednotlivými pokusnými parcelami způsobuje rovinnost pozemku, kdy nedochází ke stékání dešťové vody z jedné strany pole na druhou.

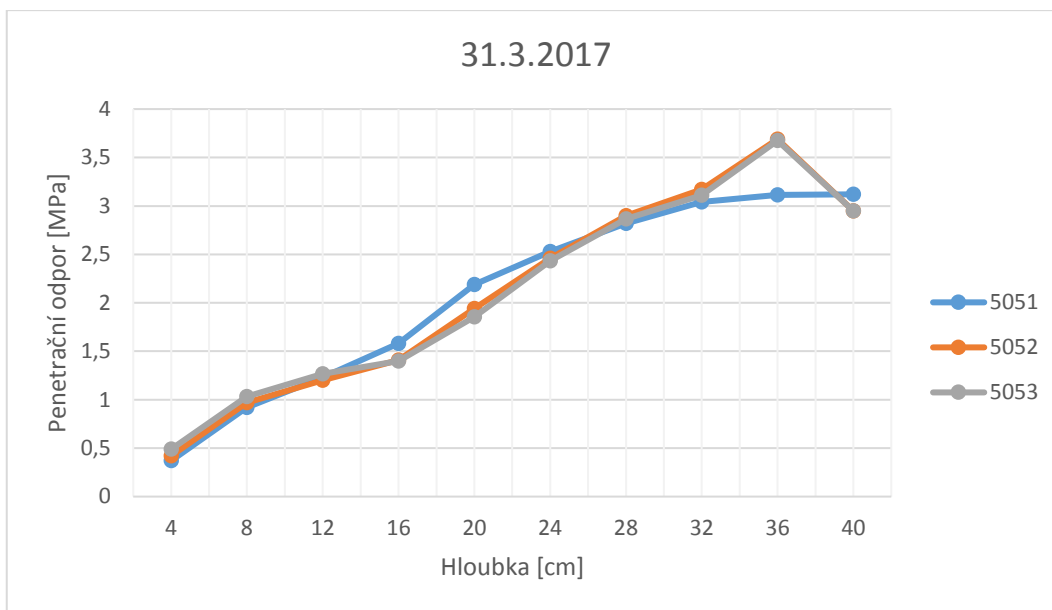
5.4.3. Penetrační odpor

První měření probíhalo už v březnu 2017. Tyto údaje jsou považovány výchozí. Další měření proběhlo v polovině května 2018 současně s odběrem půdních vzorků. Poslední měření proběhlo začátkem listopadu 2018 po sklizni cukrové řepy. Na každé pokusné parcele proběhlo deset měření. Z důvodu měření na těžké půdě byla maximální kontrolovaná hloubka omezena lidskou silou, která dokázala penetrometr zatlačit do půdy. Penetrační odpor značně ovlivňuje vlhkost půdy.

Následovat budou dvě podkapitoly. V první kapitole jsou porovnány penetrační odpory jednotlivých dnů měření na všech pokusných parcelách a v druhé jsou porovnány penetrační odpory ve vybraných hloubkách.

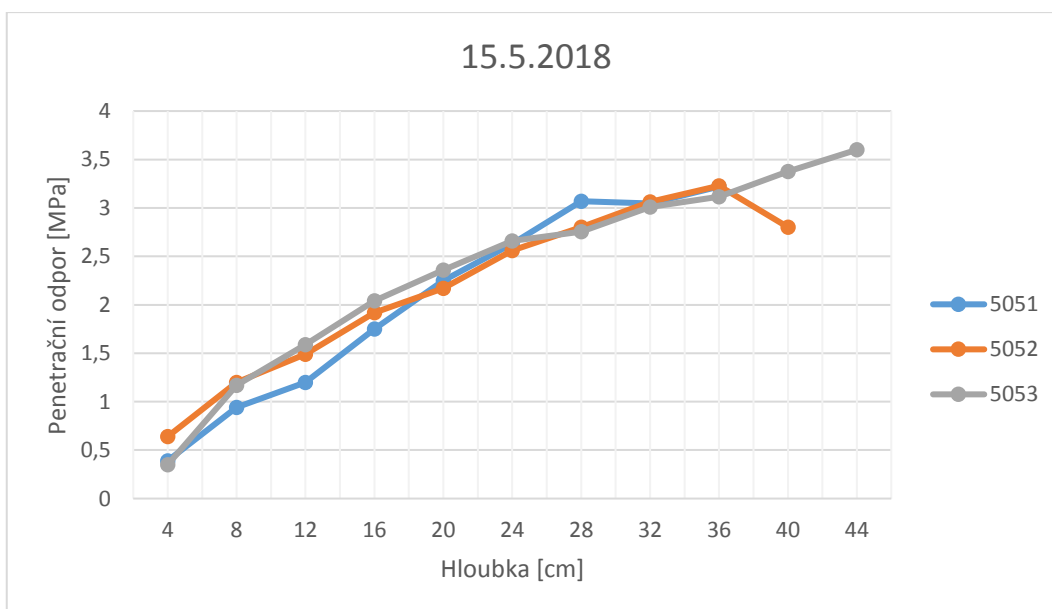
5.4.3.1. Penetrační odpor v jednotlivých dnech měření

Z grafů je patrný charakteristický nárůst penetračního odporu. Přibližně do 24 cm narůstá lineárně přímo úměrně s hloubkou, poté průběh zmenšuje svůj růst, stagnuje výjimečně klesá. Obecně platí, že penetrační odpor půdy narůstá až k mateční hornině.



Graf 4 - Penetrační odpor z 31.3.2017

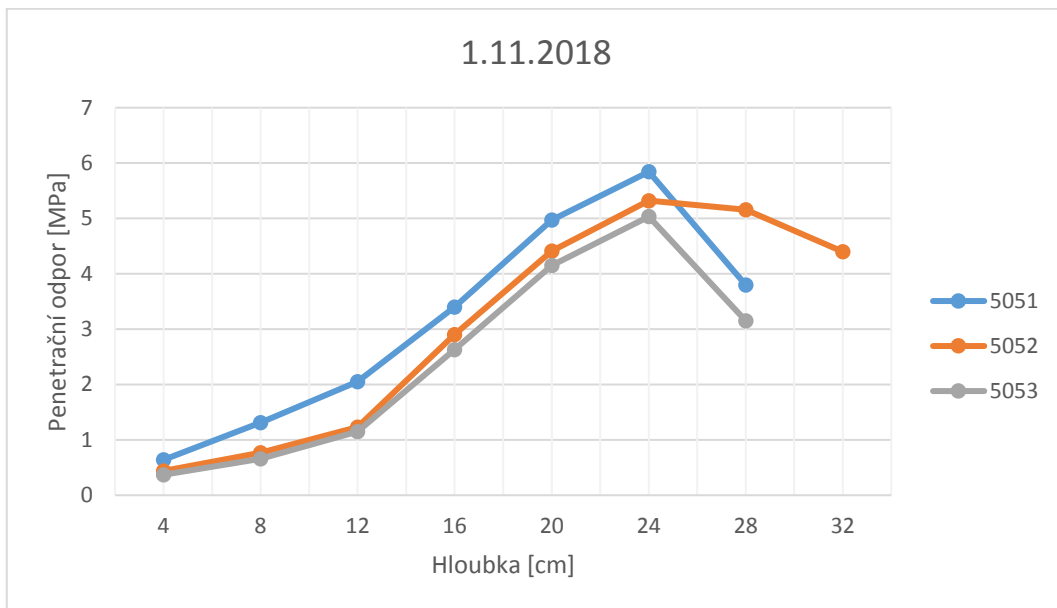
Z grafu jsou patrné velice podobné hodnoty, protože měření proběhlo ještě před rozdílnou aplikací hnojiv. Odlišuje se mírně pouze varianta 5051 (hnůj a Z'fix), kdy okolí hloubky 20 cm je penetrační odpor vyšší naopak v hloubce 36 cm dosahuje odpor nižší hodnoty. I toto měření potvrzuje homogenitu půdy na pozemku. Hodnoty jsou považovány za výchozí.



Graf 5 - Penetrační odpor z 15.5.2018

I v tomto případě jsou naměřené hodnoty velice podobné. U varianty 5051 (hnůj a Z'fix) vychází menší penetrační odpory do hloubky 16 cm oproti variantě 5052 (hnůj). Oproti variantě

5053 (kontrola) dosahuje penetrační opor nižších hodnot do 24 cm, kdy to může být způsobeno hloubkou zaorání hnoje a přípravku Z'fix. Poté následují statisticky nevýznamné rozdíly mezi jednotlivými pokusnými parcelami. Jen u varianty 5053 došlo k měření do větší hloubky.

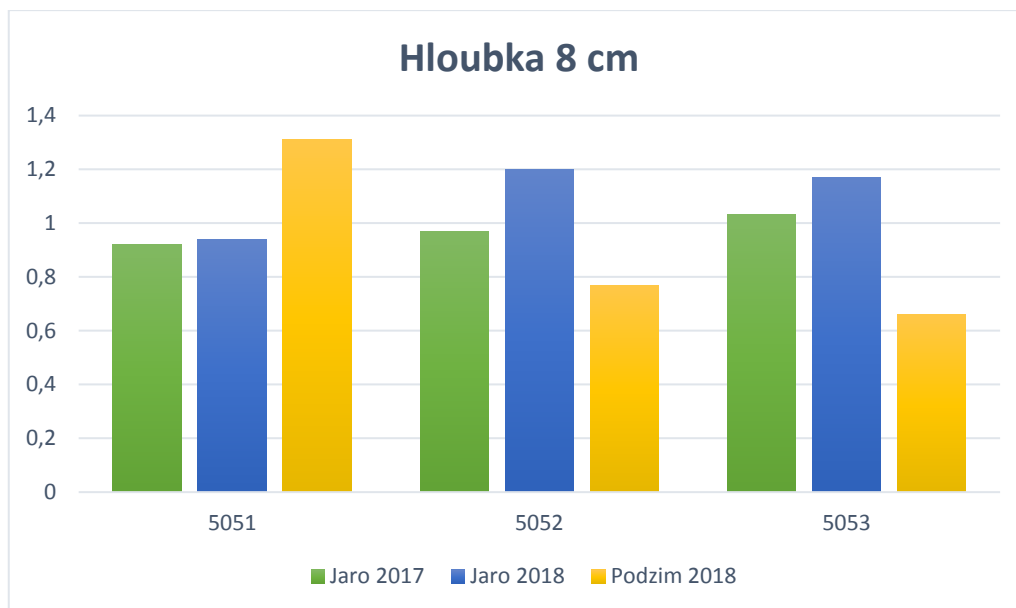


Graf 6 - Penetrační odpor z 1.11.2018

Z tohoto grafu je patrné výrazné zvýšení penetračních odporů proti dvěma předcházejícím měření. Tyto výsledky mohou být ovlivněny suším podzimním počasím, kdy oproti jarním měřením je v hlubších vrstvách nižší vlhkost půdy. Dále toto může být ovlivněno sklízecem řepy, který při sklizni přešel pneumatikami celé pole alespoň jednou. V tomto případě vychází varianta 5051 (hnůj a Z'fix) nejhůře téměř ve všech hloubkách. Mnohdy se penetrační odpor liší o více než 0,5 MPa. Ve zbývajících dvou variantách nejsou do hloubky 24 cm statisticky významné rozdíly. Poté u všech variant následuje mírný pokles hodnot penetračního odporu, u dvou variant větší u jedné menší 5052 (hnůj).

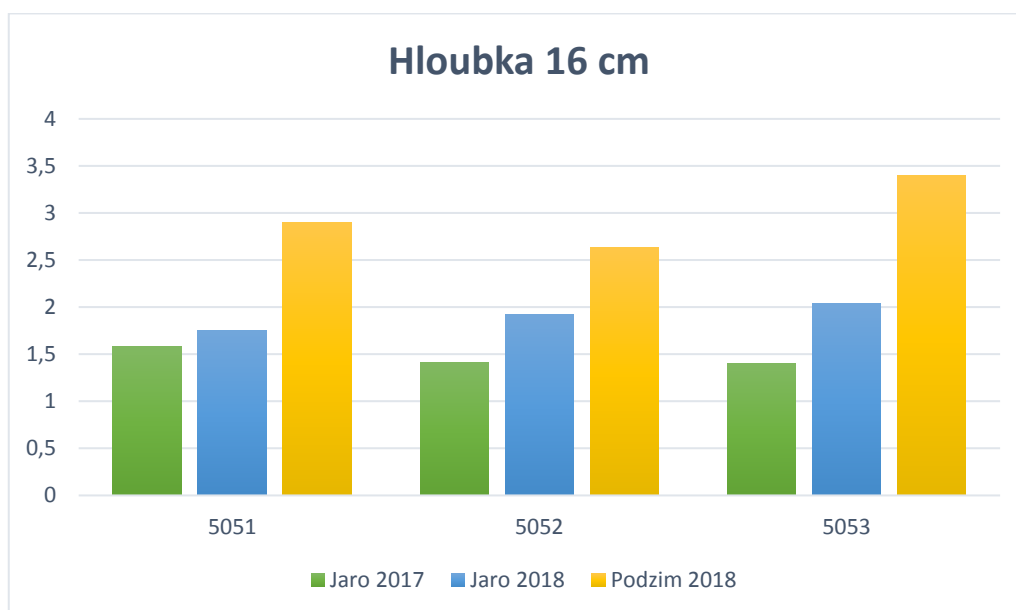
5.4.3.2. Penetrační odpory ve vybraných hloubkách

V následujících grafech jsou porovnány všechny dny měření v jednotlivých variantách. Hloubky byly vybrány podle hloubky růstu kořenového systému cukrové řepy.



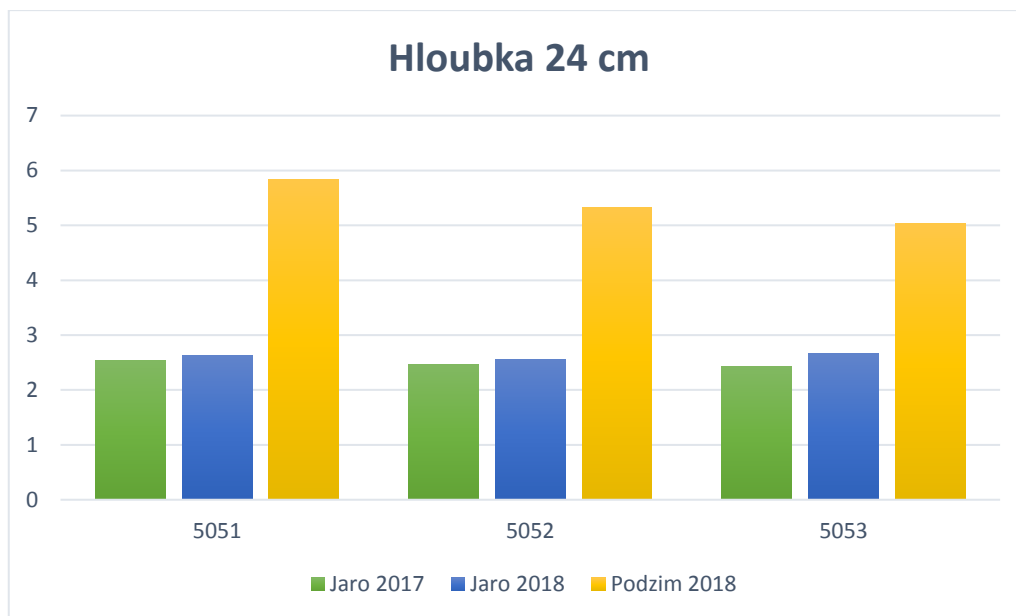
Graf 7 - Penetrační odpor hloubka 8 cm

Na grafu je vidět veliké rozptýly hodnot ale obecně lze říct, že jarní měření mají podobné výsledky. Zatímco se podzimní hodnoty velice liší jak mezi sebou, tak i vůči dané variantě.



Graf 8 - Penetrační odpor hloubka 16 cm

Zde začínají být vidět rozdíly mezi jarními měřeními a podzimním, kdy na podzim vychází o více než 0,5 MPa penetrační odpor větší. I při porovnání mezi jarními měřeními došlo meziročně k nárůstu penetračního odporu. Obecně je vidět postupný nárůst odporu.



Graf 9 - Penetrační odpor hloubka 24 cm

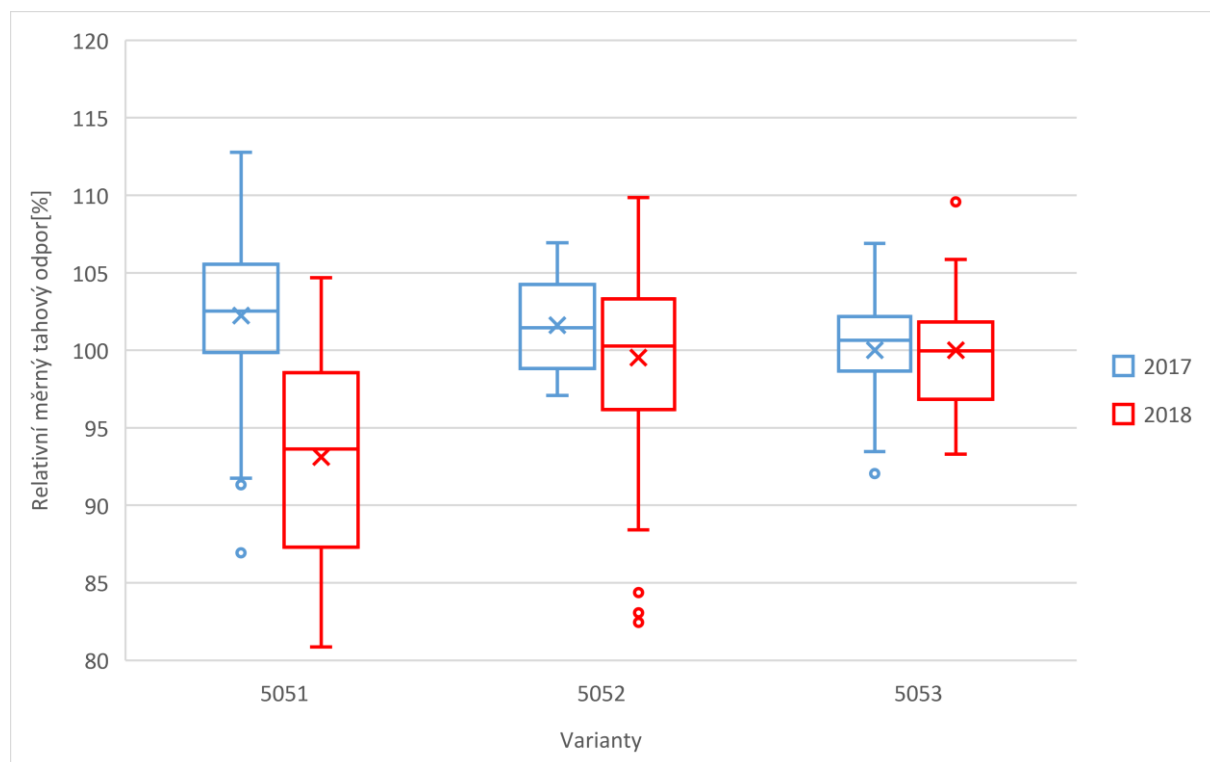
Na tomto grafu jsou rozdíly ještě výraznější. Výsledky ze dvou jarních měření jsou velmi podobné ale z podzimního měření jsou hodnoty téměř dvojnásobně větší, pravděpodobně z výše zmíněných důvodů.

5.4.4. Tahový odpor

Velikost tahového odporu je ovlivňováno více faktory. Protože se jedná o jeden pozemek jsou vlastnosti půdy stejné nebo velice podobné. Vlastnosti, které se liší jsou předmětem pokusu. Další faktorem je vlhkost půdy ale jak bylo zmíněno tato hodnota je přibližně stejná po všech pokusných parcelách. Z toho vyplývá, že měření tahového odporu je velice vypovídající údaj, který lze v rámci jednoho pozemku dobře porovnávat.

První měření tahového odporu proběhlo koncem srpna 2017 na obilném strništi. Tažným traktorem byl John Deere 9560 RT s maximálním výkonem 560 hp. Měřil se tahový odpor dlátového podmítače Horsch Terrano 8 FG s pracovním záběrem 8,1 m. V tomto případě se nebyl stroj rozložený, proto byla šířka zpracování půdy během měření pouze 2,4 m. Další měření proběhlo začátkem listopadu 2018 po sklizni cukrové řepy. Jako tažný traktor byl použit John Deere 9570 RT s maximálním výkonem 570 hp. Za taženým traktorem byl připojen dlátový podmítač Köckerling Vario 480 s pracovním záběrem 4,8 m. Fotografie z průběhu měření byl k vidění na obrázku (Obr. 3) v kapitole 2.2.3. V obou případech proběhlo měření dvěma směry. První jízda směřovala severním směrem a zpětná jízda opačným směrem. Hodnoty měřené

na hranicích jednotlivých variant byly vyloučeny z měření z důvodu možného zkreslování dat. Naměřené hodnoty tahového odporu jsou znázorněny na následujícím grafu.



Graf - 10 - Tahový odpor

křížek – aritmetický průměr, krabice – 2. až 3. kvartil, svorka – meze, kroužek – odlehlý extrém, čárka – medián

Hodnoty v grafu jsou uspořádány tak, že průměrná hodnota tahového odporu v kontrolní variantě je 100 % a ostatní naměřené hodnoty jsou s ní porovnány. Tímto způsobem se porovnávají naměřené hodnoty jednodušeji než při porovnávání konkrétních čísel tahového odporu. Pro vyhodnocení těchto pokusných měření je vypovídající hodnota obou metod stejná.

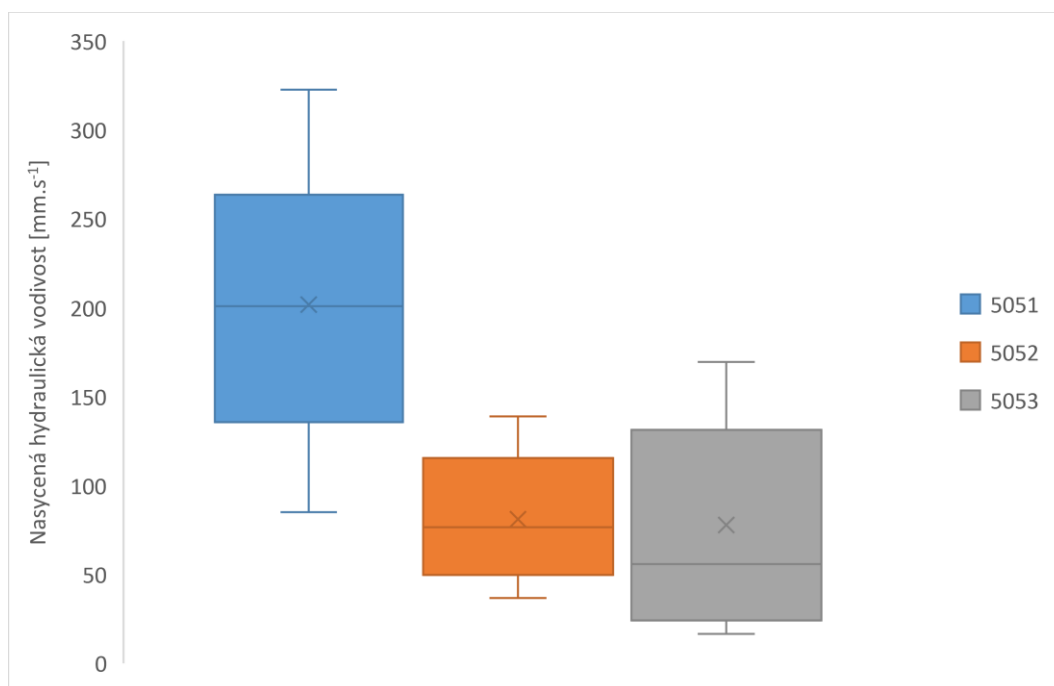
První rok měření vychází výsledky velice podobné, mezi variantami je rozdíl maximálně 2,5 %. Proto i z tohoto měření lze říci, že má půda po celém pozemku přibližně stejné vlastnosti. Z měření, které proběhlo o rok později vyplývají rozdíly. U variantu 5052 (hnůj) došlo k průměrnému poklesu tahového odporu přibližně o 2 % a mediánu zhruba o 1 %. Tyto hodnoty nelze považovat z pohledu statistiky za významné rozdíly. Varianta 5051 (hnůj a Z'fix) byl pokles

meziročně průměrného tahového odporu výrazně větší, asi o 9 %, což lze považovat ze statistického hlediska za významný rozdíl.

5.4.5. Infiltrace půdy

5.4.5.1. Hydraulická vodivost

Hydraulická vodivost půdy byla stanovena metodou single ring. Z naměřených hodnot, které se skládají z počáteční vlhkosti půdy, koncové vlhkosti půdy a času potřebného ke vsáknutí vody vypočtena hydraulická nasycená vodivost podle vzorce popsaného v kapitole 2.2.4. Měření proběhlo 15.5.2018. I přes známky půdní krusty a sušší vrchní vrstvy půdy z důvodu období s malým množstvím srážek jsou výsledcích vidět rozdílné hodnoty. Data z měření jsou znázorněna následujícím grafem.



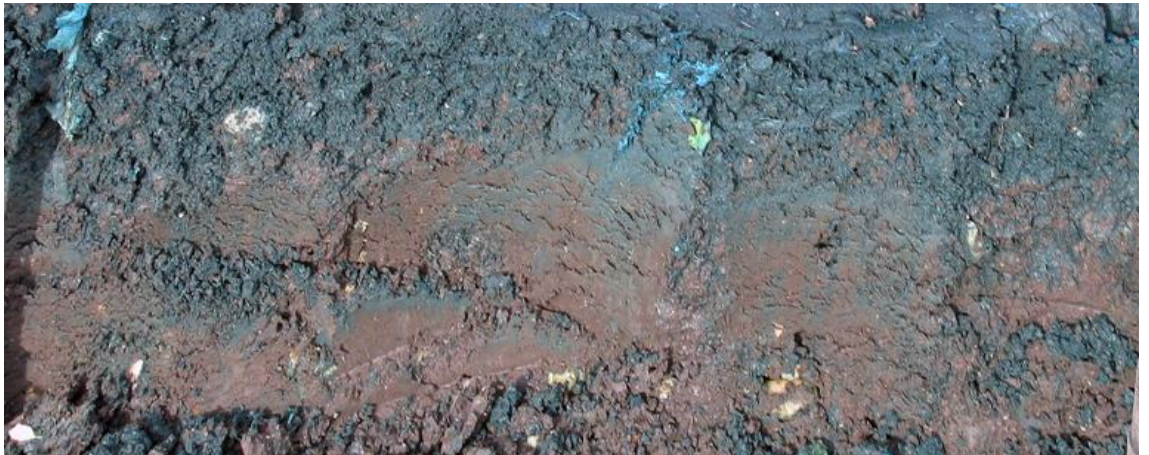
Graf - 11 - Nasycená hydraulická vodivost

křížek – aritmetický průměr, krabice – 2. až 3. kvartil, svorka – meze, čárka – medián

Rozptyl naměřených hodnot zvláště varianty 5051 (hnůj + Z' fix) je značný. U této varianty byla naměřena největší průměrná hydraulická vodivost přibližně o 100 mm.s⁻¹ větší. U zbylých dvou variant je průměrná vodivost téměř stejná. U varianty 5053 (kontrola) v porovnání s 5052 (hnůj) vychází střední hodnota naměřených dat menší.

5.4.5.2. Infiltrační charakteristika

Měření infiltrační charakteristiky pomocí dešťového simulátoru proběhlo po sklizni řepy 1.11.2018. U každé varianty došlo k odkrytí půdního profilu celkem třikrát. U grafického zobrazení zpracovaného snímku první varianty, prvního odkrytí je přiložena původní fotografie před zpravováním pro názornou představu přesnosti grafického zpracování v počítači. Každý obrázek zachycuje 0,5 metru délky půdního profilu.



Obr. 9 - Fotografie varianty 5051-a



Obr. 10 - Zpracovaný snímek varianty 5051-a



Obr. 11 - Zpracovaný snímek varianty 5051-b



Obr. 12 - Zpracovaný snímek varianty 5051-c

Na obrázkách (Obr. 9 a 11) je patrný rovnoměrný prostup obarvené vody do půdního profilu. Vsak kapaliny je do značné hloubky i přes suché letní období, které předcházelo měření. U prostředního snímku (Obr. 10) vidíme rovnoměrný však ale proti statním snímekům této varianty není vsak až do takové hloubky. V této variantě (hnůj a Z'fix) je v porovnání s ostatními variantami vidět přínos aplikace hnoje a aktivátoru.



Obr. 13 - Zpracovaný snímek varianty 5052-a



Obr. 14 - Zpracovaný snímek varianty 5052-b



Obr. 15 - Zpracovaný snímek varianty 5052-c

Ve variantě 5052 vidíme celkem pěknou infiltraci obarvené vody. V porovnání s předchozí variantou není patrné vsáknutí kapaliny do takové hloubky. Dále je zřetelné nerovnoměrné vsáknutí kapaliny v horizontálním směru půdního profilu. Toto nestejně vsáknutí značí

rozdílné podmínky v malých vzdálenostech, což tvoří nerovnoměrné podmínky pro rostliny. Snímek c (Obr. 14) má mírně menší hloubku vsaku proti předcházejícím snímkům této varianty.



Obr. 16 - Zpracovaný snímek varianty 5053-a



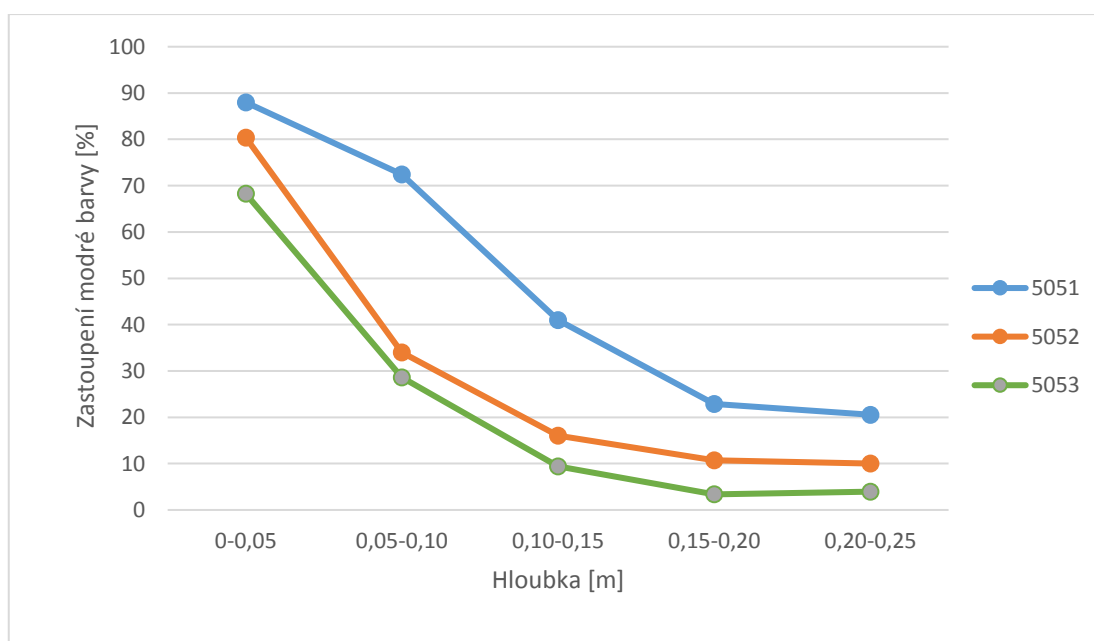
Obr. 17 - Zpracovaný snímek varianty 5053-b



Obr. 18 - Zpracovaný obrázek varianty 5053-c

Ve variantě 5053 (kontrola) vidíme spíše nerovnoměrnou infiltraci obarvené vody do půdního profilu, avšak dosahuje nejmenších hloubek v porovnání s předchozími variantami. Výjimkou je několik míst na snímcích, kde vidíme hlubší vsak.

V následujícím grafu jsou přehledně zpracovány průměrné hodnoty zastoupení obarvené vody v půdním profilu. Údaje v grafu potvrzují předcházející komentáře jednotlivých snímků. Ve všech případech platí sestupný trend zastoupení barviva v hloubce půdního profilu. Z grafu vyplývá největší infiltrační schopnost u varianty 5051 (hnůj a Z'fix). Tím se potvrzuje příznivý vliv hnoje a aktivátoru. Obecně lze říci podle varianty 5052 (hnůj), že při použití hnoje dochází také k příznivému účinku na infiltraci.



Graf 12 - Zastoupení modrého barviva v půdním profilu

5.5. Výnosy

Sklizeň proběhla 23.10.2018 sklízecem značky ROPA. Následující tabulka uvádí výnosy cukrové řepy v jednotlivých variantách. Mimo výnosu patří mezi důležité parametry také cukernatost, protože se tento parametr zohledňuje ve výkupní ceně v cukrovaru. Pro srovnání je přepočítaný výnos na základní cukernatost 16 % podle následujícího vzorce. [37]

$$HC_{16} = HC_s \times \frac{C_s - 2,7}{13,3}$$

HC_{16} = hmotnost cukrové řepy při 16 % cukernatosti

HC_s = hmotnost cukrové řepy při skutečné cukernatosti

C_s = skutečná cukernatost

Varianta	Cukernatost [%]	Výnos [t/ha]	Přepočet výnosu na základní cukernatost 16 % [t/ha]
5051	22,2	61,17	89,69
5052	21,8	58,60	84,15
5053	19,0	55,19	67,64

Tab. 4 - Výnosy cukrové řepy [25]

Z údajů v tabulce vyplývá, že největší výnos byl ve variantě 5051 (hnůj a Z'fix) a při nejvyšší cukernatosti. Naopak varianta 5053 (kontrola) měla nejnižší výnos i cukernatost. Velmi přehledně je tento rozdíl vidět v posledním sloupci tabulky, kde je výnos přepočítán podle cukernatosti na základní hodnotu. Při porovnání variant vůči kontrolní vychází u 5051 výnos při 16 % cukernatosti přibližně o 30 % větší a u varianty 5052 téměř o 25% větší.

6. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo hodnocení vlivu zlepšujících přípravků na vybraném pozemku. Při vyhodnocení naměřených dat byly někdy zjištěny významné rozdíly mezi variantami.

Objemová hmotnost půdy patří mezi důležité vlastnosti půdy, protože charakterizuje fyzikální podmínky půdy a částečně lze z ní vyvodit úrodnost půdy. Měření ukázala, že velikost redukované objemové hmotnosti se pohybuje v doporučeném rozsahu pro zemědělské plodiny. Při porovnání hodnot jednotlivých variant jsou patrné mírné změny velikosti redukované objemové hmotnosti, které není možno přímo přisuzovat způsobům hnojení případně funkci zlepšujícího přípravku. Při posledním měření byly hodnoty značně vyrovnané.

Vlhkost byla měřena z odebraných neporušených půdních vzorků. Mezi variantami se vlhkost lišila pouze o několik procent. Z toho vyplývá, že způsoby hnojení na tomto poli neměly na obsah vody v půdě žádný vliv. Z grafů je vidět i vyrovnanost vlhkosti ve svrchní části půdy mezi jednotlivými měřeními.

Při porovnání dvou jarních měření jsou patrné nižší penetrační odpory u variant, kde byl použit hnůj a hnůj s přípravkem Z'fix, oproti kontrolní variantě. Tyto mírné rozdíly mají hlavně spojitost s aplikací hnoje. U varianty se zlepšujícím přípravkem byl výsledek v menší hloubce ještě o trochu lepší. Pokud do srovnání přidáme hodnoty z podzimního měření výsledky vychází úplně jinak. Nejenže varianta, kde byl použit hnůj a Z'fix, vychází v porovnání s ostatními nejhůře, ale v celkovém srovnání vychází hodnoty penetračního odporu téměř dvakrát větší. Tento značný rozdíl přisuzuji suchému létu i podzimu, kde hlubší vrstva půdy byla výrazně sušší proti jarním měření. Vlhkost půdy značně ovlivňuje penetrační odpor půdy.

Nejvýraznější změny nastaly ve velikosti tahového odporu. Byla porovnána dvě podzimní měření. Z důvodu použití odlišných strojů pro měření odpor se přepočítal tak, že naměřené hodnoty byly v obou měření vztaženy ke kontrolní variantě. Při hnojení pouze hnojem byl meziroční rozdíl velmi malý a nelze jej považovat za statistický rozdíl. U varianty, kde bylo hnojeno hnojem s pomocným přípravkem, došlo k velmi výraznému poklesu tahového odporu.

Další výrazný rozdíl v naměřených hodnotách je patrný u hydraulické vodivosti. Měření proběhlo pouze jednou, proto jsou porovnávány jen varianty mezi sebou. Nejvyšší průměrná hodnota vyšla u varianty, kde se aplikoval hnůj a Z'fix. V tomto případě platí, že vyšší hodnota je lepší výsledek. O zbylých dvou variant byly průměrné hodnoty podobné.

Příznivý vliv na půdní vlastnosti byl zjištěn při aplikaci hnoje a hlavně přípravku Z'fix na infiltrační charakteristiku. Rozdíly jsou vidět v grafu (Graf 12), kdy na zmíněných variantách došlo k hlubšímu vsaku obarvené vody.

Ačkoliv výnos cukrové řepy, která byla pěstována v průběhu roku 2018 na pokusném pozemku, nesouvisí s vlastnostmi půdy. Musím zmínit, že výnos plodiny je velice důležitým ukazatelem pro každého zemědělce. Malý rozdíl výnosu byl mezi variantou, kde bylo hnojeno hnojem, a variantou hnůj a Z'fix ve prospěch přípravku. U kontrolní varianty byl výnos výrazně menší. Podrobně jsou data srovnána v tabulce (Tab. 4).

Na základě vyhodnocení lze říci, že aplikace hnoje má příznivý vliv na půdní vlastnosti. Dále pak vyplývá pozitivní vliv přípravku Z'fix. Nutno podotknout, že se nejednalo o všechny sledované vlastnosti půdy. Cenu za aplikaci přípravku kompenzují vyšší výnosy. Záleží na ceně zlepšující látky, na době působení této dávky v půdě a na výkupní ceně pěstované plodiny. Širší rozšíření přípravku v praxi, bude záviset na cenové kalkulaci. Ačkoliv data měření ukazují slibné údaje je potřeba pokračovat nadále v měření pro zpřesnění těchto výsledků.

7. Zdroje

- [1] VALLA, M. *Pedologické praktikum*. 2. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, Agronomická fakulta, 2002. ISBN 80-213-0914-8.
- [2] PRAX, A., JANDÁK, J. a POKORNÝ, E. *Půdoznalství*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1995. ISBN 8071571458.
- [3] JANEČEK, M. *Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika*. Praha: Powerprint, 2012. ISBN 9788087415429.
- [4] HAMMEROVÁ, A. *Odběr půdních vzorků* [online] [cit. 2019-02-19] Dostupné z: http://www.web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/19/19poster_odber_pudnich_vzorku.pdf
- [5] ASABE Standard S313.3: Soil Cone Penetrometer. ASABE, 2950 Niles Road, St Joseph, Michigan 49085-9659, USA, 2013,
- [6] LHOTSKÝ, J. *Zhutňování půd a opatření proti němu: (studijní zpráva)*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2000. Studijní informace. ISBN 8072710672.
- [7] WHALLEY, W., TO, J., KAY, B. *Prediction of the penetrometer resistance of soils with models with few parameters*. 2007
- [8] Hůla, J. Některé možnosti penetrometrie při hodnocení půdních vlastností. *Mechanizace zemědělství*. 1996
- [9] CHAMEN T. et al. ASAE Paper. 1990, No. 90-1073.
- [10] *Mechanizace zemědělství | Odborný měsíčník zaměřený na problematiku zemědělské, lesnické a komunální techniky* [online] 2003. [cit. 2019-02-19] Dostupné z: <https://mechanizaceweb.cz/specialni-zarizeni-pro-mereni-variability-pudnich-vlastnosti/>
- [11] *University information system MENDELU*. Zařízení pro měření tahového odporu mechanizačních prostředků [online]. [cit. 2019-02-19] Dostupné z: https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2004/obsahy/enviro/musil_j.pdf
- [12] *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2019 [cit. 2019-02-19]. 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)

- [13] VOPRAVIL, J., PODRÁZSKÝ, V., HOLUBÍK, O., VACEK, S., BEITLEROVÁ H. a VACEK, Z. *Principy zakládání porostů na bývalé zemědělské půdě v rámci ploch vymezených k zalesnění: metodika pro praxi*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2017. ISBN 978-80-87361-69-6.
- [14] KLIMO, E. *Lesnická pedologie*. Dot. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1996. ISBN 80-7157-007-9.
- [15] *University information system MENDELU*. Složení půdy [online]. [cit. 2019-02-19] Dostupné z: https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=71346
- [16] KUTÍLEK, M. *Půda planety Země*. Praha: Dokořán, 2012. Bod (Dokořán). ISBN 978-80-7363-212-0.
- [17] ŠIMEK, M. *Základy nauky o půdě*. 2., upr. a rozš. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Biologická fakulta, 2005. ISBN 80-7040-747-6.
- [18] HŮLA, J., PROCHÁZKOVÁ, B. *Minimalizace zpracování půdy*. Praha: Profi Press, 2008. ISBN 9788086726281.
- [19] VOLTR, V. *Hodnocení půdy v podmínkách ochrany životního prostředí*. Praha: Ústav zemědělské ekonomiky a informací, 2011. ISBN 978-80-86671-86-4.
- [20] MORGAN, R. P. C. *Soil erosion and conservation*. 3rd ed. Malden, MA: Blackwell Pub., 2005. ISBN 1-4051-1781-8.
- [21] NOVOTNÝ, I. a kol. *Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2017. ISBN 978-80-87361-67-2
- [22] SOANE, B. D. a C. van OUWERKERK. *Soil compaction in crop production*. London: Elsevier, 1994. ISBN 0-444-88286-3.
- [23] Zasolování půdy (Půda, eAGRI). [online]. 2009 [cit. 2019-02-19]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/zasolovani-pudy/>
- [24] FIALOVÁ, Z. Úbytek půdy je stále alarmující. *Zemědělec*. Praha: Profipress, 2009. ISSN 1211-3816
- [25] LÁTAL, O. *Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2018*. Praha: Technologická agentura České republiky, 2018
- [26] eKatalog BPEJ. *eKatalog BPEJ VÚMOP v.v.i.* [online]. 2019 [cit. 2019-02-28]. Dostupné z: <https://bpej.vumop.cz/>

- [27] ŠAŘEC, P., PROŠEK, V., ŠAŘEC, O.: *Přístroj pro měření utužení půdy s laserovým snímáním hloubky – laserový penetrometr* [patent]. Česká republika. Užité vzor, CZ 20252 U1. Uděleno 6. 10. 2009.
- [28] CHYBA, J., KROUHLÍK, M., KUMHÁLA, F., NOVÁK, P., LEV, J. Podtyp: Příspěvek ve sborníku (mimo kategorie RIV); *Vliv technogenního zhutnění půdy na pórovitost a infiltrační vlastnosti půdy*. 2014, Název: *Nové trendy v návrhu a využití strojů a agropotravinářském komplexu a odpadovém hospodářství*. ISSN 1802-2391.
- [29] POKORNÝ, E., ŠARAPATKA, B., HEJÁTKOVÁ, K. *Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku: metodická pomůcka*. Náměšť nad Oslavou: ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, 2007. ISBN 80-903548-5-8.
- [30] BUJNOVSKÝ R., JURÁNI B. *Kvalita půdy – jej vymedzenie a hodnotenie*. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznectva a ochrany pôdy, 1999. ISBN 80-85361-49-3
- [31] Firemní prospekty společnosti PRP Technologies.
- [32] Zemědělská společnost Sloveč, a.s. *Zemědělská společnost Sloveč, a.s.* [online]. [cit. 2019-03-07] Dostupné z: <http://www.zsslovec.cz/>
- [33] Veřejný registr půdy – LPIS. [online]. 2019 [cit. 2019-7-3] Dostupné z: <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>
- [34] ŠARAPATKA, Bořivoj. *Pedologie a ochrana půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-3736-1.
- [35] Taxonomický klasifikační systém půd ČR. *Taxonomický klasifikační systém půd ČR* [online]. [cit. 2019-03-07] Dostupné z: <https://klasifikace.pedologie.czu.cz/>
- [36] BAGARELLO, V., ELRICK, D. E., IOVINO, M. AND SGROI, A., 2006. A laboratory analysis of falling head infiltration procedures for estimating the hydraulic conductivity of soils. *Geoderma*, Volume 135, pp. 322-334. [online]. Science Direct. [cit. 2019-03-22] Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706106000267>
- [37] PULKRÁBEK, J. *Řepa cukrová: pěstitelský rádce*. Praha: Pro katedru rostlinné výroby, FAPPZ, ČZU v Praze vydalo vydavatelství Kurent, 2007. ISBN 978-80-87111-00-0.
- [38] Ucebnice.Remediace.CZ. *Ucebnice.Remediace.CZ* [online] [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <http://ucebnice.remедиace.cz/default.asp?oid=03020100002&fid=140>

[39] ČESKÁ POZICE. *Nenápadný nepřítel jménem eroze* [online] 2019 [cit.2019-02-28]
Dostupné z: [http://ceskapozice.lidovky.cz/nenapadny-nepritel-jmenem-eroze-da5-
/tema.aspx?c=A140723_144040_pozice-tema_paja](http://ceskapozice.lidovky.cz/nenapadny-nepritel-jmenem-eroze-da5-/tema.aspx?c=A140723_144040_pozice-tema_paja)

Seznam obrázků

Obr. 1 - Sada na odebrání neporušených půdních vzorků

Obr. 2 - Penetrometr PN-10

Obr. 3 - Měření tahového odporu

Obr. 4 - Měření hydraulické vodivosti

Obr. 5 - Simulátor deště

Obr. 6 - Složení edafonu

Obr. 7 - Následek přivalového deště

Obr. 8 - Mapa variant pokusného pozemku

Obr. 9 - Fotografie varianty 5051-a

Obr. 10 - Zpracovaný snímek varianty 5051-a

Obr. 11 - Zpracovaný snímek varianty 5051-b

Obr. 12 - Zpracovaný snímek varianty 5051-c

Obr. 13 - Zpracovaný snímek varianty 5052-a

Obr. 14 - Zpracovaný snímek varianty 5052-b

Obr. 15 - Zpracovaný snímek varianty 5052-c

Obr. 16 - Zpracovaný snímek varianty 5053-a

Obr. 17 - Zpracovaný snímek varianty 5053-b

Obr. 18 - Zpracovaný snímek varianty 5053-c

Seznam tabulek

Tab. 1 - Zrnitostní rozdělení půdy

Tab. 2 - Kvalifikace půd a jejich zastoupení

Tab. 3 - Hodnoty BPEJ

Tab. 4 - Výnosy cukrové řepy

Seznam grafů

Graf 1 - Objemová hmotnost

Graf 2 – Redukovaná objemová hmotnost

Graf 3 - Vlhkost půdy

Graf 4 - Penetrační odpor z 31.3.2017

Graf 5 - Penetrační odpor z 15.5.2018

Graf 6 - Penetrační odpor z 1.11.2018

Graf 7 - Penetrační odpor hloubka 8 cm

Graf 8 - Penetrační odpor hloubka 16 cm

Graf 9 - Penetrační odpor hloubka 24 cm

Graf 10 - Tahový odpor

Graf 11 - Nasycená hydraulická vodivost

Graf 12 - Zastoupení modrého barviva v půdním profilu