

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



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

Diplomová práce

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

Autor: Bc. Milan Dvořáček

Praha 2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Milan Dvořáček

Zemědělská technika

Název práce

Vliv aplikace organických hnojiv a bioaktivátorů 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

2017/18 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Ondřej Šařec, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra využití strojů

Elektronicky schváleno dne 16. 1. 2017

doc. Ing. Petr Šařec, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 1. 2017

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 25. 03. 2018

Čestné prohlášení

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

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

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

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

V Praze dne:

Podpis:

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu prof. Ing. Ondřeji Šařci, CSc. za odborné vedení a poskytnutí cenných rad. Dále bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Petru Šařci, Ph.D za poskytnutí rad v programu Statistica a své rodině za jejich podporu během celého studia.

Abstrakt:

Tato diplomová práce popisuje a vyhodnocuje změny fyzikálních vlastností půdy po aplikaci statkových hnojiv, průmyslových hnojiv nebo přípravků zlepšujících kvalitu půdy. V úvodní části práce je zpracována problematika půd, která se věnuje fyzikálním vlastnostem půdy a jednotlivým typům degradací půd. Další část této práce se zaměřuje na pomocné půdní látky a jejich dělení. Následně je popsán produkt biouhel a některé výrobky společnosti PRP Technologies. V praktické části jsou čtenáři přiblíženy změny vybraných vlastností půd, např. penetrační odpor nebo infiltrace půdy, které byly zpracovány v programech Microsoft Excel a Statistica po roce polních pokusů v Zemědělské společnosti ZEPO Bělhrad. Závěrečná kapitola se věnuje shrnutím výsledků a doporučením autora práce.

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

Abstract:

This diploma thesis describes and evaluates changes in physical properties of soil after an application of manure, industrial fertilizers or soil improvers. The first part of the thesis deals with the soil issue, which deals with the physical properties of soil and with individual types of soil degradation. Another part of this work is focused on auxiliary soil substances and their division. Subsequently, the biohazard product and some PRP Technologies products are described. In the practical part, the readers are approached of changes in selected soil properties, such as penetration resistance or soil infiltration, which were processed in Microsoft Excel and Statistica after a year of field experiments in the agricultural company ZEPO Belohrad. The final chapter deals with summary of results and recommendation of author of the thesis.

Keywords: soil activity, auxiliary soil preparations, soil physical properties, tensile strength, manure

Obsah

1 Úvod	1
2 Cíl práce	2
3 Metodika práce.....	2
3.1 Odběr půdních vzorků	2
3.2 Postup rozboru	3
3.3 Tahový odpor	5
3.4 Penetrační odpor	6
3.5 Infiltrace půdy.....	8
3.6 Varianty pokusů s půdou.....	9
4 Půda.....	10
4.1 Význam půdy	10
4.2 Ovlivnění kvality organické hmoty na úrodnost půdy	11
4.3 Degradace půdy.....	12
4.3.1 Zábory půd.....	13
4.3.2 Eroze.....	14
4.3.3 Acidifikace	15
4.3.4 Dehumínace.....	15
4.3.5 Změny fyzikálních vlastností půdy	15
4.3.6 Intoxikace, kontaminace a znečištění půdy	16
4.4 Hodnocení půd.....	16

4.5 Vlastnosti půdy.....	17
4.5.1 Pórovitost půdy.....	17
4.5.2 Textura půdy.....	18
4.5.3 Půdní barva.....	20
4.5.4 Měrná hmotnost.....	21
4.5.5 Teplota půdy	22
4.5.6 Soudržnost a přilnavost.....	22
4.5.7 Redukovaná objemová hmotnost	22
4.5.8 Půdní vlhkost	23
4.5.9 Orební poměr	24
4.6 Biouhel.....	25
4.6.1 Specifikace.....	25
4.6.2 Vlastnosti.....	25
4.7 PRP Technologies	27
4.7.1 Přiblížení.....	27
4.7.2 Z´fix	27
4.7.3 PRP SOL.....	28
4.7.4 PRP SOL – pokusy.....	30
4.8 Statková hnojiva.....	31
4.8.1 Chlévský hnůj.....	31
4.8.2 Prasečí kejda	32

4.8.3 Slepíčí trus.....	32
5 Praktická část.....	33
5.1 Zemědělská společnost ZEPO Bělohrad, a.s.	33
5.2 Klimatické podmínky	33
5.3 Objemová a redukováaná objemová hmotnost.....	34
5.4 Penetrační odpor	36
5.4.1 Varianta měření č. 1.....	36
5.4.2 Varianta měření č. 2.....	36
5.4.3 Varianta měření č. 3.....	37
5.4.4 Varianta měření č. 4.....	38
5.4.5 Varianta měření č. 5.....	39
5.4.6 Varianta měření č. 6.....	39
5.5 Penetrační odpory naměřené v jednotlivých hloubkách	40
5.5.1 Měření v hloubce 4 centimetrů.....	40
5.5.2 Měření v hloubce 8 centimetrů.....	41
5.5.3 Měření v hloubce 12 centimetrů	42
5.5.4 Měření v hloubce 16 centimetrů	42
5.5.5 Měření v hloubce 20 centimetrů	43
5.5.6 Měření v hloubce 24 centimetrů	44
5.5.7 Měření v hloubce 28 centimetrů	44
5.6 Tahový odpor	45

5.7 Infiltrace půdy.....	46
6 Závěr	47
Seznam literatury	50
Seznam obrázků	53
Seznam tabulek.....	54
Seznam grafů	55

1 Úvod

V současnosti se vývoj klimatických změn projevuje extrémní změnou počasí během celého roku, tudíž se stále více dostává do popředí péče o jeden z našich nejcennějších přírodních zdrojů, kterou je půda.

Půda je jedním z nejzákladnějších výrobních prostředků v zemědělství. Nelze bez ní zajistit dostatek potravin pro celé lidstvo. Mezi velký problém patří její neobnovitelnost. Poškození či eroze půdy je otázkou hodin nebo dní, ale její vytvoření alespoň jednoho centimetru trvá i několik set let. Mezi další problémy patří i zabránění zemědělské půdy pro stavební účely, kdy jsou tyto půdy ať už úrodné či nikoli, zastavovány stavbami dálnic, logistických center, velkých obchodních domů, atd. Z tohoto důvodu bychom si měli uvědomit, co pro nás půda vlastně dělá, zacházet s ní velmi opatrně a zbytečně nepodléhat jejímu porušení za účelem vlastního zisku.

Při změně politického systému koncem 20. století přišly změny i v zemědělském sektoru. Mezi největší změny, jenž se na půdu a její vlastnosti projeví, jsou neustálé úbytky chovu dobytka spojené s úbytkem hluboce kořenících ploch pícnin, jenž mají blahodárnou schopnost na půdní vrstvy.

Stále se zvyšující náklady spojené s obděláváním utužených půd a snižující hladiny vody, nutí pozornost stále více se zaměřit na zlepšení půdy a jejich vlastností. Nevyhovující půdní vlastnosti jsou možné redukovat několika možnými zásahy, ovšem jejich úspěšnost bývá často různá. Mezi nejznámější jevy, které bereme jako nežádoucí, patří: utužení, eroze, zasolování, úbytek humusu a okyselování.

S rostoucím rozvojem zkoumání a poznávání půdních struktur se zvyšuje potenciál využití půd za pomoci podpůrných látek. Tyto látky napomáhají zlepšovat stav půd, buďto jako podpůrné látky transformující se statkovými hnojivy nebo přímou aplikací na poli.

2 Cíl práce

Cílem práce je vyhodnocení vlivu aplikací organických hnojiv a bioaktivátorů v Zemědělském podniku ZEPO Bělohrad a.s. Samotné vyhodnocení se bude zabývat převážně fyzikálními vlastnostmi půd. Jedná se o penetrační odpor půdy, tahový odpor půdy nebo infiltrační schopnost půdy.

3 Metodika práce

Mezi vlastnosti, jenž byly porovnány v této práci zahrnujeme penetrační odpor, tahový odpor, infiltrační schopnost půdy, objemovou a měrnou hmotnost půdy.

3.1 Odběr půdních vzorků

Pro stanovení fyzikální vlastnosti nebo charakteristiky vzdušného či vodního režimu půdy slouží Kopeckého válečky. Tyto válečky mají objem 100 cm³ a jsou vyrobeny z nerezového materiálu o výšce zhruba pěti centimetrů.

Při měření odstraníme vrchní vrstvu zeminy (za pomoci lopatky) tak, aby byl povrch pod válečkem rovný, a přiložíme Kopeckého váleček. Ten pokládáme tak, aby směřoval ostrým břitem směrem dolů, a postupně ho zasouváme do půdy, než vrstva zeminy (zhruba 1 centimetr) přesahuje přes okraj válečku. Při dalším postupu na váleček přiložíme víko a za pomoci lopatky ho opatrně z půdy vyjmeme a nožem odstraníme vrstvu zeminy, která přesahuje přes spodní okraj válečku. V dalším postupu měření nasadíme víko na opačnou stranu válečku. Opět nožem odstraníme zeminu, která přebývá přes horní okraj válečku, a zavíčkuje. Pro správné zajištění vík použijeme gumičku, která nám zabráni samovolnému otevření. Válečky jsou v konečné fázi očíslovány, aby bylo vidět, který půdní vzorek odkud pochází. Na obrázku číslo jedna je k vidění odběr vzorků na poli. [1]

Obr. 1 - Odběr vzorků na poli



Zdroj: Autor

3.2 Postup rozboru

a) K určení vlhkosti (aktuální) postupujeme následovně. Na hodinové sklo o známé hmotnosti položíme odebraný půdní vzorek (odvíčkovaný) a v dolní straně uzavřený vzorek pomocí kruhového filtračního papíru.

b) Pomocí destilované vody nasycujeme váleček se vzorkem zeminy. Za přítomnosti filtračního papíru zde dochází ke kapilárnímu vztlínání. Zakrytím horního okraje válečku hodinovým sklem, dojde k zamezení vypařování vody. Zeminu necháme do druhého dne ve válečku, čímž dojde k nasycení vodou.

c) Další den odložíme váleček z filtračního papíru a necháme přebytek vody odkapat. Následně váleček zvážíme a položíme na hodinové sklo, kde dojde k určení nasákavosti.

d) V dalším kroku je váleček postaven na filtrační papír, který je čtyřnásobně složen, a horní okraj válečku zakryjeme hodinovým sklem. Tímto způsobem dojde k odsátí vody ze vzorku zeminy a právě v tuto chvíli začneme zapisovat čas a měřit dobu odsátí.

e) Po uplynutí doby 30 minut dojde k odsátí vody z válečku a určení tzv. 30 – ti minutové vlhkosti za pomoci váhy a hodinového skla.

f) V dalším kroku je opět potřeba čtyřnásobný vysušený filtrační papír, jenž je zakrytý hodinovým sklem, na které je postaven váleček. Dochází k dalšímu 90 – ti minutovému odsávání. Tímto postupem zjistíme maximální možnou kapilární kapacitu vody.

g) Tento krok je totožný s předchozím krokem, ovšem zde čekáme přibližně 22 hodin, kde zhruba zjistíme kapilární kapacitu vody.

h) Kopeckého váleček společně se zeminou, hodinovým sklem a filtračním papírem se stále vysušuje při teplotě 105 °C. Sušení provádíme do té doby, než bude hmotnost zeminy konstantní. Poté se dá váleček se zeminou vychladit a vážením se zjistí hmotnost sušiny.

ch) V posledním kroku se z rozmělněné suché zeminy stanoví specifická hmotnost. [2]

Obr. 2 - Sada válečků pro měření vzorků půdy



Zdroj: <http://www.ekotechnika.cz/pudni-klasifikace>

3.3 Tahový odpor

Tahový odpor souprav je ovlivňován několika faktory. Tahový odpor pro tuto diplomovou práci byl změřen na podzim při zpracování půdy. Měření tahového odporu se uskutečnilo v roce 2016. Zpracování půdy bylo provedeno soupravou kolového traktoru a radličkového kypřiče. Při pokusu měření byl použit stroj značky New Holland T8030 (jmenovitý výkon 201 kW) a radličkový kypřič Farmet Hurikán s maximálním záběrem 2,8 metrů. Traktor New Holland T7 290 byl využit k přenosu tahové síly. [38]

Měřicí zařízení ve formě ocelové tyče bylo uchyceno pomocí tažného oka mezi stroje do závaží taženého stroje. Pomocí táhel zadního tříbodového závěsu byl uchycen táhnoucí stroj. Tříbodovým závěsem bylo měřicí zařízení nastavováno co nejvíce do vodorovné polohy k omezení svislých sil. Měření soupravy tahového odporu je zachyceno na obrázku číslo tři. [38]

Obr. 3 - Měření tahového odporu



Zdroj: <http://www.agrima.cz/files/2015/12/TTT7.jpg>

Rychlost a pozice měřicí soupravy strojů byla určována technologií GPS. Samotné měření probíhalo několika přejezdy přes zvolené varianty.

3.4 Penetrační odpor

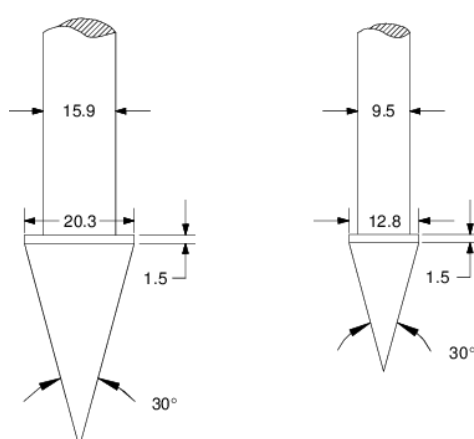
Nejjednodušším způsobem, jakým lze zjistit utužení půdy, je pozorování. Když budeme pozorovat pole, tak zjistíme, že v určitých místech při deštích nebo tání sněhu vysychá voda pomaleji. Další nápovědou může být např. zažloutlá barva listů, špatný růst plodin nebo problémy se zakořeněním. [3]

Pro zjištění této indikace se v praxi využívá převážně metoda penetromie. Tato metoda je jednoduchá, ovšem nepřímá a samotné měření se zabývá odporem půdy proti vniknutí tělesa kuželovitého tvaru. Odpor je uváděn převážně v MPa.

Měření pomocí penetrometru využívá existence přímé úměry zhutněním zeminy a hustoty uložení půdních částic. Toto měření však souvisí s pórovitostí půdy a taktéž s objemovou hmotností půdy. Tato tvrzení platí při určité vlhkosti a zrnitosti půdy. [4]

Penetrometr může mít různé vybavení, ovšem primární součásti jsou pořád stejné. Součástí je sondovací tyč, jenž má hlavici kuželovitého tvaru, která je vidět na obrázku číslo čtyři a je dána doporučením ASAE – American society of agricultural engineers. Dále je penetrometr vybaven siloměrem a měřidlem zahloubení. [5][6]

Obr. 4 - Rozměry penetračních kuželů podle ASAE



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

Pro měření této práce byl použit penetrometr viděný na obrázku pět, který vyvinul prof. Ing. Ondřej Šařec, CSc, doc. Ing. Petr Šařec, Ph.D. a Václav Prošek. Pomocí tohoto penetrometru lze měřit do hloubky až 0,74 metrů a rychlostí cca 3 centimetry/vteřinu. Měřící rozsah penetrometru se pohybuje v rozsahu od 0 do 7 MPa. Úkolem penetrometru je zjistit míru utužení půdy v různé hloubce, která je zobrazena na displeji společně s hodnotou tlaku. Penetrometr obsahuje paměť EEPROM, která po připojení k počítači umožňuje v textovém souboru získat naměřená data.

Penetrometr je také vybaven mikroprocesorem, laserovým snímačem vzdálenosti, modulem převodníků napětí (frekvence) a vyhodnocovací jednotkou vybavenou zesilovačem výstupního napětí. Síla působící na vtlačení penetrometru je měřena dynamickým a tenzometrickým čidlem. V případě, že je příliš velká, tak nás penetrometr pomocí zvukové signalizace upozorní na pomalejší vtlačování jehly do půdy. [4]

Obr. 5 - Penetrometr



Zdroj: Autor

3.5 Infiltrace půdy

Na jaře roku 2017 došlo k měření infiltračních půdních vlastností v Zemědělském podniku ZEPO Bělhrad. Podle tohoto měření byl proveden výpočet hydraulické vodivosti pro samostatné půdní varianty.

Pro měření byla použita metoda zvaná SFH – Simplified Falling Head. Metoda využívající rychlost vsakování vody do půdy při počáteční i koncové vlhkosti daného vzorku. Z těchto hodnot je vypočtena hydraulická vodivost dané půdy. Pro měření byly využity ocelové válce o vnitřním průměru 152 mm, tloušťce stěny 2 mm a výšce samotného válce 150 mm. Dále byl ještě použit půdní vlhkoměr a několik barelů plných vody.

Samotné měření probíhalo tak, že tři měřicí ocelové válce byly rozmístěny do okruhu cca jednoho metru a zatlačeny do hloubky přibližně 0,04 až 0,06 metrů do půdy. Poté jsme změřili vlhkost půdy v ocelovém válečku a začali do jednotlivých válečků rovnoměrně rozlévat cca jeden litr vody. Začali jsme měřit čas, při kterém se voda vsákne plně do půdy. Po vsáknutí vody byl čas zastaven a byla změřena konečná hodnota vlhkosti půdy uvnitř válců. Toto měření bylo provedeno na všech měřících parcelách. Po měření využijeme vzorec pro výpočet hydraulické vodivosti, který se nachází níže.

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

$\Delta\theta$ - rozdíl relativní vlhkosti půdy získaný před a po vsáknutí vody do půdy

t_a - čas, za který se vsákla voda do půdy

α^* - konstanta (zvolena hodnota 12m^{-1} dle druhu půdy)

D - podíl plochy válce a objemu vody [7]

Obr. 6 - Měření infiltrace půdy pomocí ocelových válečků



Zdroj: Autor

3.6 Varianty pokusů s půdou

Hodnoty změřené k této diplomové práci se skládají z šesti rozměrově stejných půdních variant dle množství aplikace s použitím statkových hnojiv, průmyslových hnojiv NPK nebo hnojiv s obsahem přípravků, jehož přidáním zlepšíme dané vlastnosti půdy. V tabulce číslo jedna jsou popsány varianty, jak byly jednotlivě hnojeny a oseedné postupy pro rok 2015 – 2017.

Tab. 1 - Aplikace hnojiva na jednotlivé varianty

Číslo varianty	Označení	Hnojivo	Osevní postup 2015 - 2017
1.	I a	Hnůj s FIX + NPK	kukuřice, pšenice o., ječmen o.
2.	II a	Hnůj s FIX + SOL + NPK	kukuřice, pšenice o., ječmen o.
3.	III a	Hnůj + NPK	kukuřice, pšenice o., ječmen o.
4.	IV a	Hnůj + SOL + NPK	kukuřice, pšenice o., ječmen o.
5.	V a	SOL + NPK	kukuřice, pšenice o., ječmen o.
6.	VI a	NPK (kontrola)	kukuřice, pšenice o., ječmen o.

Zdroj: Autor

4 Půda

K lepšímu pochopení a přiblížení problematiky půd, slouží tato kapitola jako stručný přehled seznámení čtenáře s tímto zajímavým přírodním zdrojem zvaným půda.

4.1 Význam půdy

Půda je nejdůležitějším přírodním zdrojem a zároveň i jako jeden ze základních prvků zemědělské produkce. Není divu, že existence lidstva je na tomto těžko obnovitelném a životně důležitém zdroji závislá. Produkce potravin není jediným úkolem půdy. Důležité je i plnění funkcí jako je např. retence, transformace, sanace, stabilizace a infiltrace. Obzvláště infiltrace patří mezi nejdůležitější schopnosti půdy, bez které bychom neměli ani pitnou vodu. Přeměna způsobená mikroorganismy a půdními organismy zajišťuje neustálou výměnu prvků na naší zemi. Není to jen místo, ze kterého se dají vytěžit obrovské masy produkce, ale ani místo, které je potřeba co nejrychleji zastavět. [8]

4.2 Ovlivnění kvality organické hmoty na úrodnost půdy

Tato problematika je celosvětovým problémem, který ovlivňuje lidskou populaci, a také její udržitelný rozvoj. Není to jen problém našeho státu, jak si někteří myslí. Níže jsou na obrázku číslo sedm k vidění faktory ovlivňující úrodnost půdy.

Faktory ovlivňující úrodnost jsou:

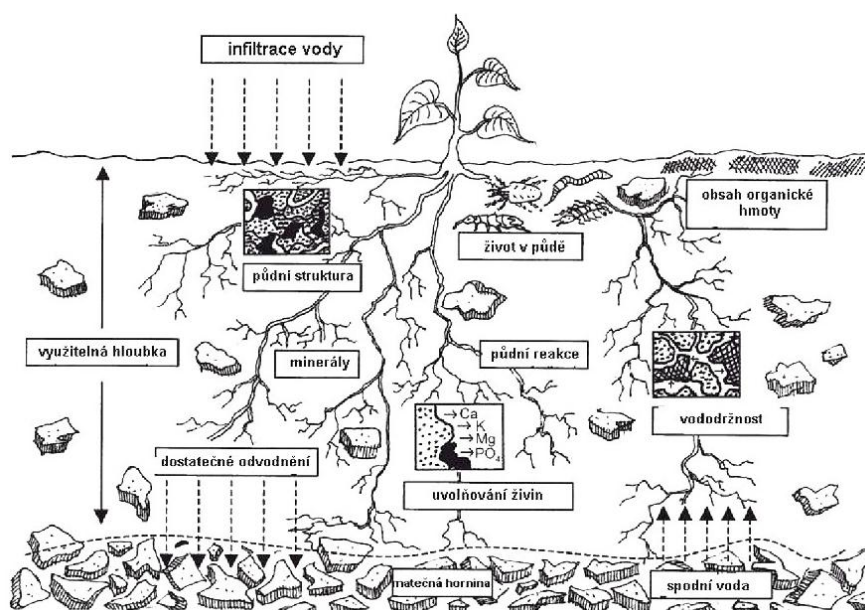
- Půdní neboli klimatické,
- Antropické,
- Geografické.

Příčiny poklesu organické hmoty jsou:

- Stálé zvyšování zemědělské produkce,
- Snížení chovů dobytka,
- Chybějící opatření proti erozi,
- Zhoršování poměrů krajinné vláhly,
- Pěstování monokultur,
- Nevyváženost secích postupů.

Z této problematiky vyplývá, že je nutné s takto kvalitní organickou hmotou co možná nejvíce šetřit a naučit se s ní rozumně hospodařit. V současné situaci je otázkou i podpora činnosti mikroorganismů. [8][9]

Obr. 7 - Faktory ovlivňující půdu



Zdroj: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/40/1438.jpg

4.3 Degradace půdy

Jedná se o procesy, které vedou ke znehodnocení půdní hmoty a posledního času se staly stále více probíraným celosvětovým problémem. Lidstvo svými činnostmi značně ovlivňuje vývoj půdy, což ukázala i studie v rámci EU, že škody způsobené degradací půdy byly vyčísleny na bezmála 39 miliard Euro. K samotné půdní degradaci však dochází pomalu, ale důsledky nejčastěji vedou k úplnému zničení, a tudíž i k neschopnosti zajištění dostatku potravy.

Velkým problémem je provázanost degradačních procesů. Řetězovou reakcí může vyvolat jedna příčina, obohacená důsledkem jednotlivého degradačního procesu, která spouští další procesy. Názorným příkladem je utužení podorničí nebo spodin půdní vrstvy. Příčinou bývá omezené vsakování vody do půdy, urychlení povrchového odtoku nebo snížená schopnost retence. To vše urychlí vodní erozi, jež má za následek odnos ornice i s organickými hmotami, čímž dochází k omezení biologických organismů v půdě.

Degradační procesy ohrožující ekosystém jsou:

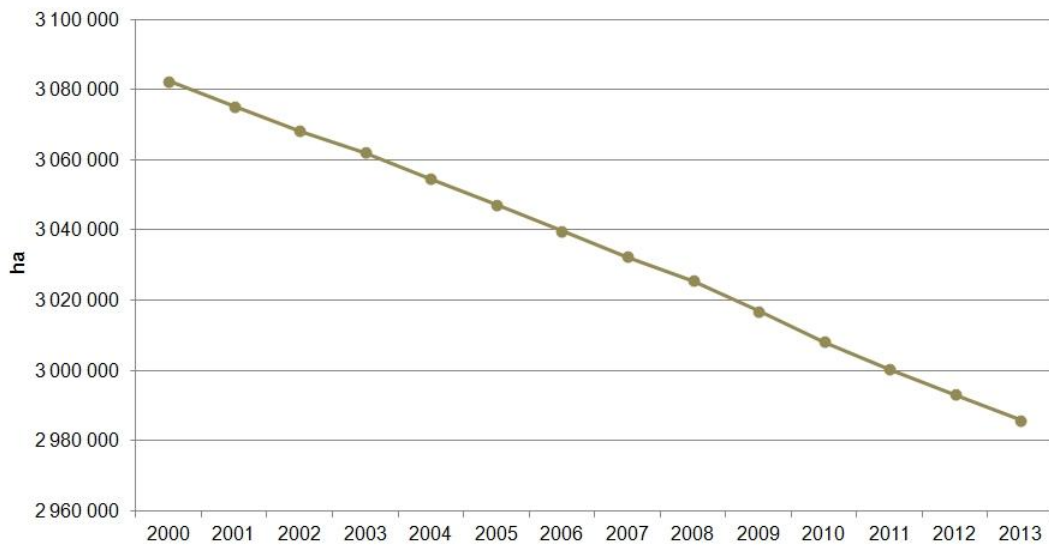
- Úbytek organických hmot,
- Vodní a větrná eroze,
- Degradace půdních vrstev a následné utužení,
- Acidifikace a debazifikace,
- Znehodnocování půdy nečistotami, kontaminace a intoxikace. [10][11][12]

4.3.1 Zábory půd

Tato problematika sice nepatří do degradačních procesů, nýbrž autor je považuje za velice závažný problém, tak proto jsou zde uvedeny. V dnešní době se výstavby nových objektů provádějí stále častěji, což předhání i níže uvedené degradační procesy půd. Půda se tak stává nenávratnou, i když by určitě skvěle posloužila zemědělské činnosti. Je zjištěno, že pražské předměstí vystavěno obchodními středisky zabírá více jak 100 hektarů zemědělské půdy, která tvoří jednu z neúrodnějších půd v naší zemi. Tato problematika je právě příkladem toho, jak jsou lidé schopni i z té nejlepší úrodné půdy za účelem vlastního obohacení udělat půdu neúrodnou. Úbytky půd se netýkají pouze nás, nýbrž budoucích generací, tudíž bychom to měli brát jako závažný problém a umět s ním bojovat. Na obrázku číslo osm můžeme pozorovat fakt, že k nárůstu zemědělských půd opravdu nedochází. [10][13]

V současné době se problém neustálého snižování úrodné půdy netýká pouze zastavováním nákupních středisek, ale současné generace, protože ta stále více dává přednost stavbě svého nového domku. Pokračováním tohoto trendu si zaděláváme na závažný problém, ze kterého vyplývá zintenzivňování hospodaření na stále se snižující orné půdě.

Obr. 8 - Vývoj orné půdy v ČR

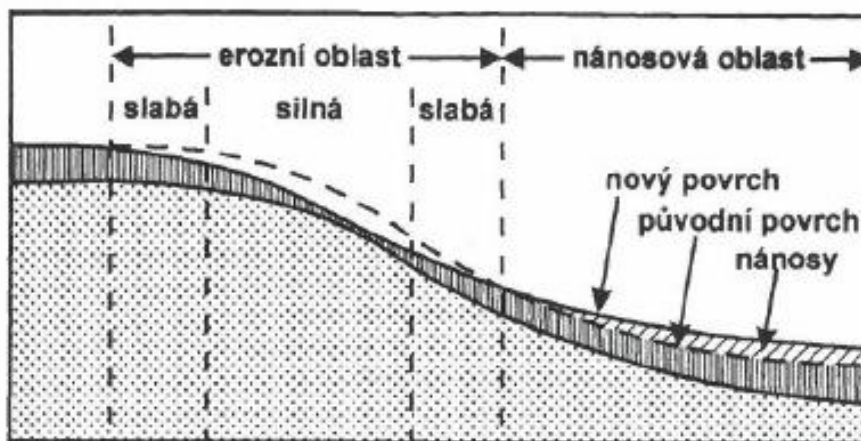


Zdroj: http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=zabory_pudy&site=puda

4.3.2 Eroze

Eroze je jedním z rizik, která ovlivňuje kvalitu půdy. Proces, probíhající i bez zásahu jakékoli lidské činnosti, nýbrž je nutné uznat i fakt, že člověk tento proces urychluje. V těchto klimatických podmínkách se zpravidla jedná o rozrušování větrem či vodou. V případě vodní eroze se jedná o odplavení ornice, což je nejúrodnější část půdy (zejména u lehčích půd). Obdobně tomu bývá při vytvoření půdní krusty, kde také dojde k povrchovému odtoku. Je však nutné se na tento problém zadívat globálněji, protože zde dochází k vedlejším účinkům, např. zanášení vodních toků. V případě větrné eroze se jedná o poškozování klíčících rostlin. Roční škody převyšují částku 10 miliard Euro pouze v Evropě. Princip činnosti degradace je znázorněn na obrázku číslo devět. [10] [14] [15] [16]

Obr. 9 - Degradace půdy erozí



Zdroj: Postupy udržitelného hospodaření na zemědělské půdě s cílem optimalizace obsahu organických složek

4.3.3 Acidifikace

Jedná se o okyselování a dochází k ní přirozeně v humidnějších podmínkách. V této problematice hraje důležitou roli i člověk, který svou činností podporuje okyselování použitím kyselých působících průmyslových hnojiv. Problémem je malé množství víceletých píceň, převážně obilovin atd. [17]

4.3.4 Dehumínace

Tento pojem je známý úbytkem organické hmoty. Nelze zde určit jednotlivý faktor nebo proces. Jedním z nejdůležitějších je intenzita, způsob obdělávání půd, pěstování monokultur, snižování organických hmot a jejich nedostatečné doplňování zpět do půdy, celkový způsob hospodaření nebo již zmíněná eroze. [10][14]

4.3.5 Změny fyzikálních vlastností půdy

Jedná se převážně o otužení půdy. Rozpadem či porušením půdní vrstvy dochází ke změnám objemové hmotnosti, pórovitosti, propustnosti vody, snížení retenční vodní kapacity a schopnosti infiltrace vody. V naší zemi je ohroženo něco kolem 40 % zemědělské půdy utužováním. Vinou jsou nesprávně určené agrotechnické technologie. Jednou z příčin je utužování půdy těžkými stroji za

nevhodných podmínek při zvýšené vlhkosti prostředí. Toto však vede ke snížení pórovitosti i snížení výnosů. Utužení brání nejen kořenovému systému rostlin se dostat do hloubky pro získání dostatečných živin, ale stěžuje i zpracování půdy, což je důsledkem zvýšení energetické náročnosti. [11][18][19][20]

4.3.6 Intoxikace, kontaminace a znečištění půdy

Kontaminace půdy není zase takovým problémem, protože se naší zemi v širším rozsahu zatím vyhýbá, nýbrž působením lidské nerozvážnosti však dochází k obohacování půdy látkami, které na ni mají neblahé účinky, které můžeme spatřit na obrázku číslo deset. Převážně se jedná o rizika, která jsou spojována s činností chemických továren. [10]

Obr. 10 - Kontaminace půdy



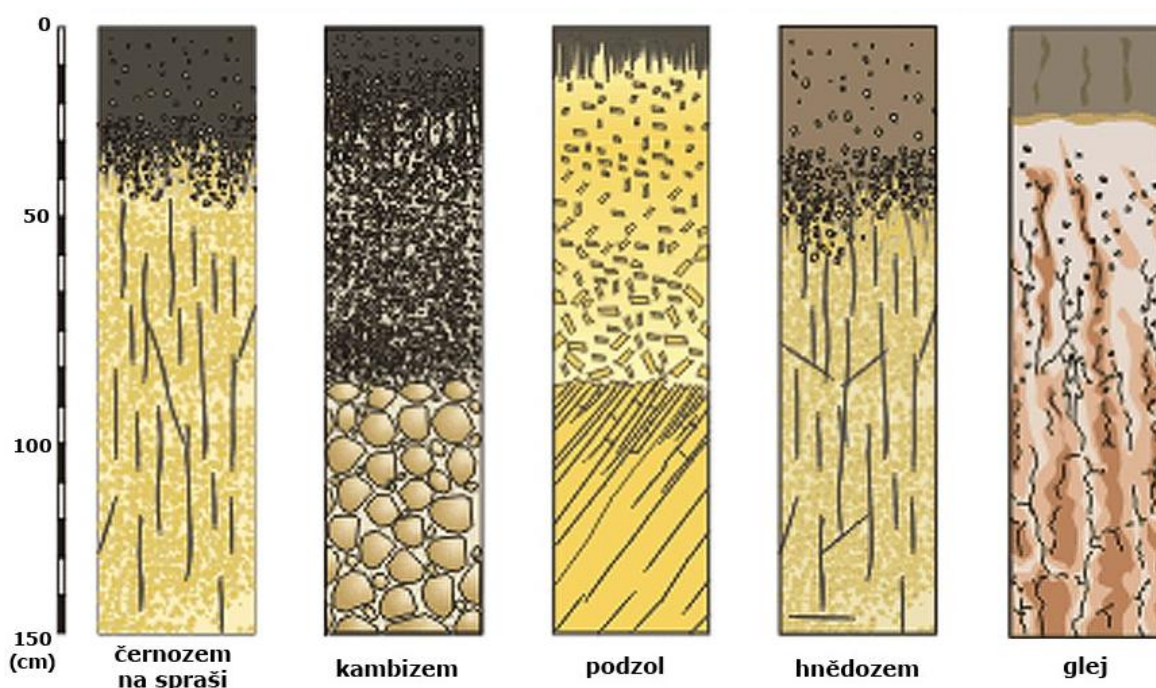
Zdroj: <http://kvete-svet.blog.cz/1303/znecistenipudy>

4.4 Hodnocení půd

Jako základní prvek pro klasifikaci půd je tzv. genetický půdní typ. Tento typ se vyznačuje kombinací půdních vrstev, které jsou odlišně zbarveny a dosahují odlišných vlastností. Genetický půdní typ je zahrnut ve skupině, jenž charakterizuje stejnou stratigrafii.

Půdní klasifikace není světově ucelená. V minulých dobách se využívaly klasifikační systémy, jenž byly založeny na původní hornině, minerálním složení půdy nebo chemických vlastnostech. V naší zemi od roku 2000 platí Taxonomický klasifikační systém půd, který nezohledňuje pouze zemědělské půdy, nýbrž i lesní půdy. Obrovskou výhodou je propojení se zahraničními klasifikačními systémy. Níže jsou na obrázku číslo jedenáct vidět půdní typy v naší zemi. [21][22]

Obr. 11 - Schematizované profily hlavních půdních typů v ČR



Zdroj: www.geology.cz

4.5 Vlastnosti půdy

4.5.1 Pórovitost půdy

Půdní pórovitost je jedna z důležitých vlastností. Jde o objem v neporušené půdě, který tvoří 40 – 50 % u minerálních půd. Tyto póry bývají vyplněny vzduchem nebo vodou. Pórovitost půdy je obvykle dána půdní strukturou, zrnitostí, kypřením či jejím zhutněním. Pórovitost ovlivňuje nejen průběh procesů a průběh reakcí v půdě, ale i pohyb roztoků, vody a plynů v půdě. U kapilárních pórů, které se vykazují průměrem menším než 0,2 milimetru, teče voda proti směru působení gravitačních

sil. U nekapilárních pórů, jejichž průměr je větší než 0,2 milimetru, se místo vody, která proudí do spodních vrstev půd, dostává vzduch.

O pórovitosti půdy rozhoduje převážně její zpracování. Pórovitost se nedá přímo změřit, ale její hodnotu lze přepočítat dle vztahu, který je níže k vidění.

$$P = \frac{M_z - Q_r}{M_z} - 100 [\% \text{ obj.}] \quad (2)$$

M_z – měrná hmotnost [g.cm^{-3}]

Q_r – redukováná objemová hmotnost [g.cm^{-3}] [23][24][25]

4.5.2 Textura půdy

Tento název půdy se spíše přiklání názvu zrnitostní složení půdy, která se jeví jako jedna z nejdůležitějších půdních charakteristik. Půda bývá často označována jako tzv. polydisperzní systém. To znamená, že je systém složen z nestejně velkého složení zrnových částic a změní se velikostí zrn se mění i veškeré vlastnosti půdy. Přitažlivost těchto částic a povrchová plocha se mění s velikostí zmenšujících se zrn půdy.

Půdní částice lze dělit do mnoha zrnitostních skupin, tzv. frakcí. Zeminu lze dělit na tzv. skelet, což jsou částice větší než dva milimetry a tzv. jemnozem, což jsou částice menší než dva milimetry.

Postupem času dochází k tvorbě rozdílných systémů pro třídění částic podle jednotlivých velikostí. Nejjednodušším rozdělením je stupnice, která rozděluje částice na písek, prach, jíl a štěrk. Další stupnice jsou řešeny do větších detailů. U nás se však používá stupnice pana profesora Nováka, která identifikuje půdní druhy. Tato stupnice lze spatřit na obrázku číslo dvanáct.

Obr. 12 - Uspořádání půdních druhů

obsah jílnat. částic v % *	zemina	zařazení **	plocha ZPF ČR (ha)	% ZPF
0–10	písčítá	lehká půda	1 109 419	24,9
10–20	hlinito-písčítá			
20–30	písčito-hlinitá	střední (středně těžká) půda	2 955 142	66,4
30–45	hlinitá			
45–60	jílovito-hlinitá	těžká půda	363 331	8,2
60–75	jílovitá			
nad 75	jíl			

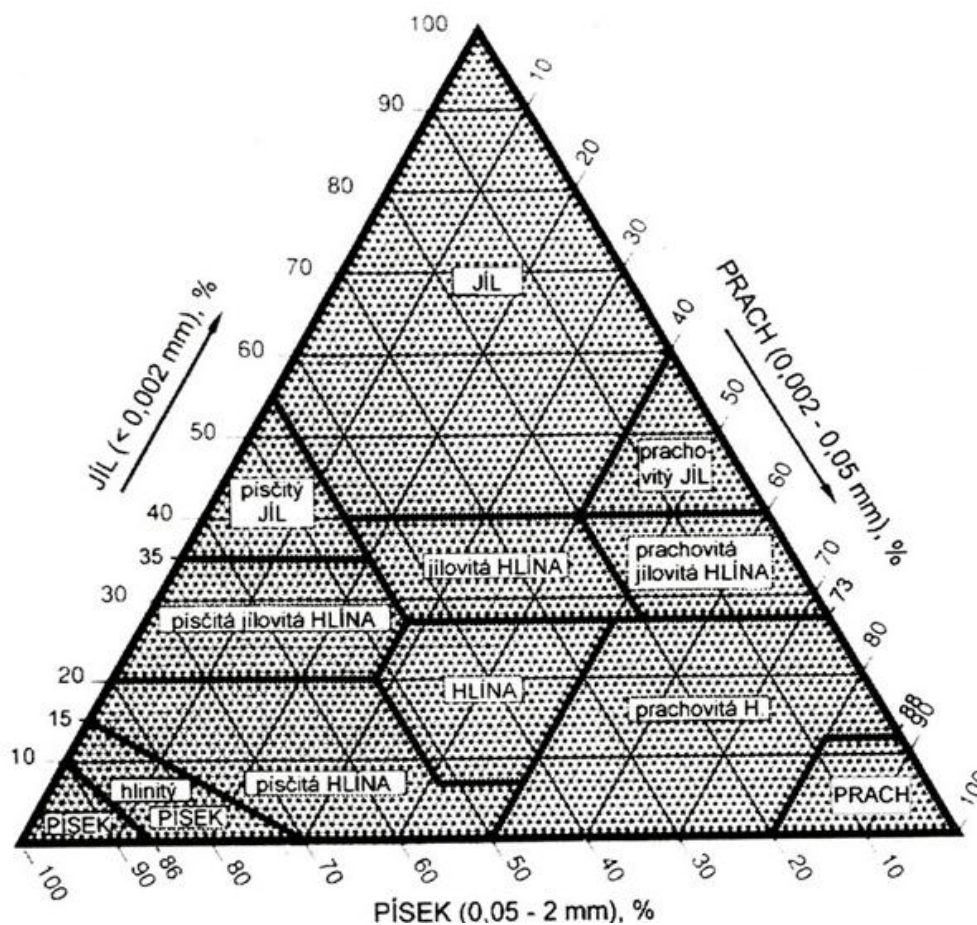
Zdroj: Kvalita a zdravý půd - Vlček

Označení hvězdičkou znamená zbylé půl procento částic, které nabývají hodnot menších než 0,01 milimetru.

Označení dvěma hvězdičkama znamenají údaje o zařazení půdy, které nejsou spojeny s objemovou hmotností půdy. Jde o zařazení podle obtížnosti zpracování půdy, což znamená, jestli lze za sucha půdu orat jednodušeji či složitěji.

V současnosti se hodnotí jen dvě zrnitostní kategorie půdy. Jde o určení kategorie, která je přesnější než určování klasifikace podle pana profesora Nováka. Nejvíce používaným je trojúhelníkový graf zvaný USDA, který lze spatřit na obrázku číslo třináct. K určení kategorie dle této klasifikace je nutné mít k dispozici rozbor zrn dle charakteristik, jenž jsou vidět na stranách trojúhelníku. [8][10][11][26]

Obr. 13 - Trojúhelníkový diagram zrnitostních tříd



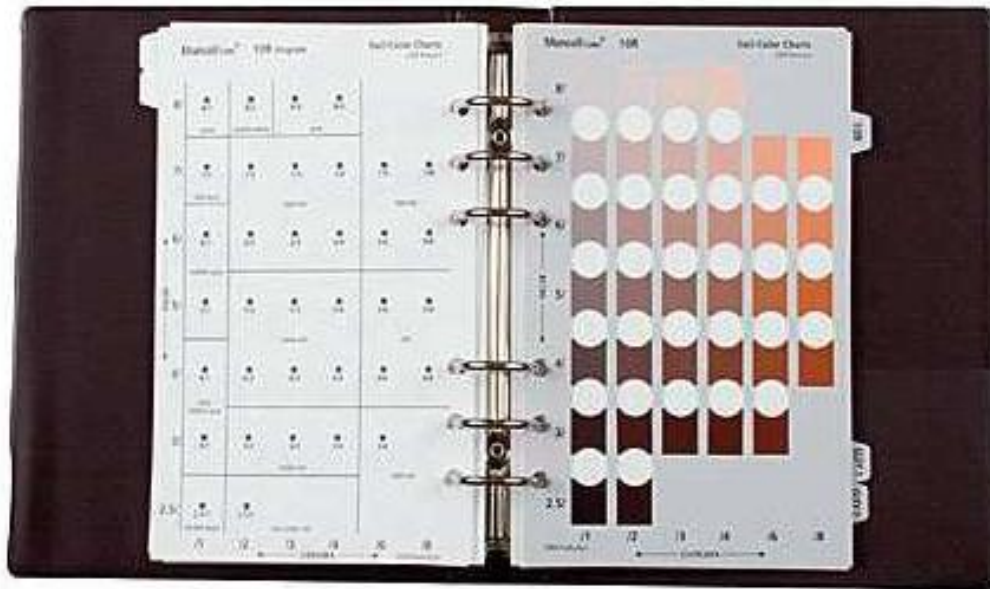
Zdroj: <http://ucebnice.remediace.cz/default.asp?oid=03010400000&fid=151>

4.5.3 Půdní barva

Půdní barva je nejmýraznější vlastnost půdy, která nám umožňuje specifikovat danou krajinu. Z barevnosti půd lze určit chemické i fyzikální složení půdy, vazba na substráty a reliéf, v němž se půda nachází. Změny barevnosti půd mohou značit i procesy odehrávající se v krajině.

Barevnost půdy lze posoudit pomocí dvou způsobů. Jedním z nich je subjektivní popis, což je slovní označení za použití intenzity, odstínu a barvy. Příkladem může být světle bílošedá. Druhým ze způsobů je objektivní posouzení, kdy se daný vzorek porovnává se standardními barvami, které najdeme v Munsellových tabulkách, které jsou přiloženy na obrázku číslo čtrnáct. Barevnost jednotlivých půd je v tabulkách uspořádána dle intenzit. [11][17]

Obr. 14 - Munsellovy tabulky



Zdroj: <http://www.ekotechnika.cz/kniha-pudnich-barev-munsell?kat=pudni-klasifikace>

4.5.4 Měrná hmotnost

Jde o pevnou fázi půdy hmotnostní objemové jednotky bez jakýchkoli pórů. Předpokladem je vyplnění prostoru pevnými částicemi. Vzorec nám ukazuje poměr hmotnosti tuhé fáze (vysušena při teplotě 105 °C) a hmotnosti totožného objemu vody při 4 °C. Z vypočítaných hodnot této hmotnosti moc nezjistíme o povaze a vlastnostech půdy. Můžeme však posoudit obsah humusu a těžkých minerálů v půdě. Dle přiloženého vzorce lze vypočítat hodnotu měrné hmotnosti. [27]

$$\rho_s = \frac{m_s}{V_s} [\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}] \quad (3)$$

m_s - hmotnost půdy [g]

V_s - objem půdy bez pórů [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]

4.5.5 Teplota půdy

Na teplotě půdy jsou závislé chemické i biologické rychlosti procesů (při nižší teplotě klesají). Když teplota klesne pod 0 °C, tak dojde k zmrznutí vody, a tím i ke zvětšení jejího objemu => trhliny a pukliny různých velikostí. Následkem zmrzlé vody dochází nejen ke zpomalování mikrobiálních procesů, ale i k ustálení aktivity půdních živočichů. [22]

4.5.6 Soudržnost a přilnavost

Soudržnost neboli koheze je síla, která drží pohromadě půdní částice či molekuly. Soudržnost ovlivňuje vlhkost, tmelivost, půdní zrnitost, ale i humus. Malou soudržností se vyznačují lehké půdy (písečné půdy). Opakem jsou půdy s vyšší soudržností, mezi které se řadí těžké půdy. Tyto půdy lze obtížně rozdělit v suchém stavu (půdy jílovitého typu). [28]

Přilnavost je výraz pro adhezi, je to síla, jenž působí mezi jinou hmotou a půdou. Projevuje se tím, že se zachycuje (zemina) na tělesech, které do půdy vstupují, přičemž značně ovlivňuje vlhkost. Společně se soudržností ovlivňují zpracování půdy. Tato problematika se při zpracování půdy projevuje energetickou náročností, která může být z ekonomického hlediska nevýhodná (zejména při zpracování těžké půdy s vysokou vlhkostí). [21]

4.5.7 Redukovaná objemová hmotnost

Jde o hmotnost jednotkového objemu půdy, jenž je vysušena (v neporušeném stavu) při teplotě 105 °C do doby, než se z pórů dostane veškerá voda odpařením. Hodnota se nejčastěji pohybuje v rozsahu 1,2 až 1,5 g.cm⁻³. [29]

Redukovaná objemová hmotnost je důležitým údajem pro výpočet objemové vlhkosti půdy, pórovitosti atd. Objemová hmotnost je nestálá.

Tato hmotnost se zjišťuje pomocí Kopeckého válečků. Výpočet provádíme dle vzorce níže. [27]

$$O_r = \frac{m_s}{V_t} [\text{g.cm}^{-3}] \quad (4)$$

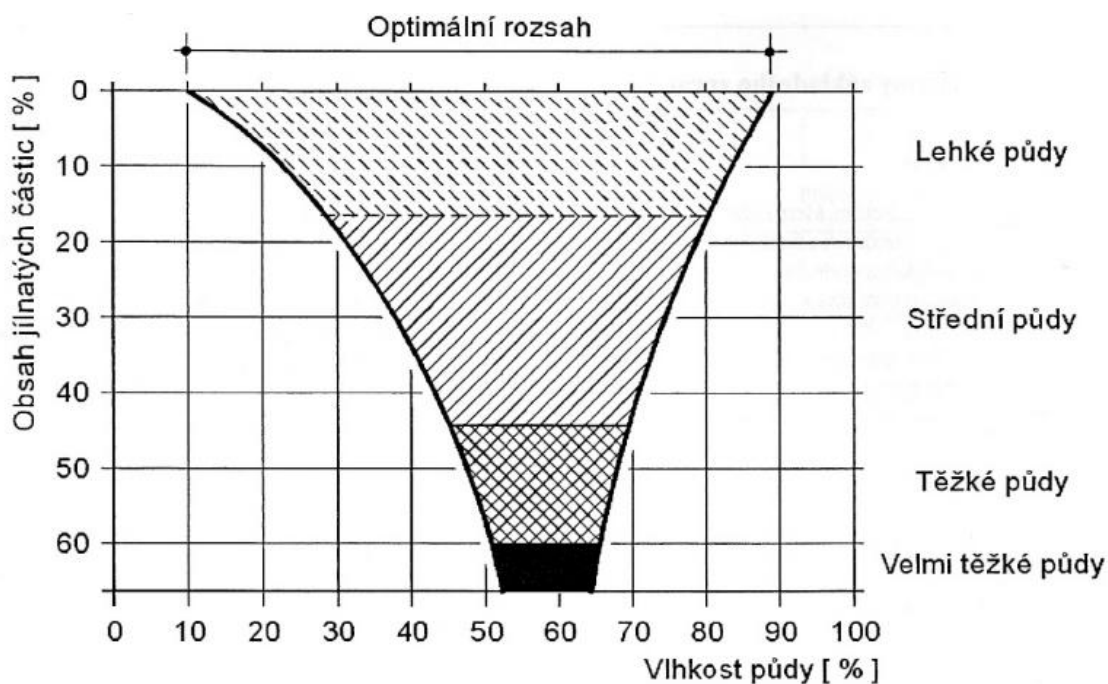
m_s – hmotnost půdy [g]

V_t – objem neporušeného vzorku půdy [cm^3]

4.5.8 Půdní vlhkost

Jedná se z ekonomického hlediska o důležitý parametr, protože okamžitá půdní vlhkost závisí na energetické náročnosti při zpracování půdy. Obrázek číslo patnáct je přiložen níže pro lepší pochopení problematiky. Vlhkost v podstatě znamená určité množství vody v půdě, jejíž hodnota je velice nestálá. Tuto hodnotu zjistíme tak, že odebereme vzorek půdy, který zvážíme. Ten samý vzorek dále vysušíme a provedeme opět jeho zvážení. Rozdílem je vlhkost půdy daného vzorku. [21]

Obr. 15 - Závislost vlhkosti na zpracování půdy



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

4.5.9 Orební poměr

V Tabulce číslo dva je vidět rozdělení sedmi druhů půd a jejich příslušné velikosti orebních odporů.

Tab. 2 - Druhy půd a jejich orební odpory

Označení půdy	Druhy půd	Obsah zrn menších než 0,01 mm [%]	Označení dle ČSN	Velikost odporu [kPa]
Velmi těžká	Jíl	Nad 75	1	90 až 150
	Jílovitá	60 až 75	2	
Těžká	Jílovito - hlinitá	40 až 60	3	60 až 90
Střední	Hlinitá	30 až 45	4	40 až 60
	Písčito - hlinitá	20 až 30	5	
Lehká až velmi lehká	Hlinito - písčité	10 až 20	6	20 až 40
	Písčité	0 až 10	7	

Zdroj: http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/zpracovani_pudy.pdf, upravil Dvořáček 2018

V tabulce číslo tři jsou vidět koeficienty, které odpovídají energetické náročnosti jednotlivých typů půd.

Tab. 3 - Koeficienty energetické náročnosti

Typ půdy	Koeficient energetické náročnosti zpracování půdy
Velmi těžké jílovité	1,8
Těžké jílovité	1,5
Jílovito - hlinitá	1,2
Hlinitá	1
Písčito - hlinitá	0,9
Hlinito - písčité	0,7
Písčité	0,5

Zdroj: http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/zpracovani_pudy.pdf, upravil Dvořáček 2018

4.6 Biouhel

Jde o známou věc, která je obsažena ve velkém množství půd jako uhlí, jenž vznikl při požárech několik tisíciletí. Tento produkt je ekonomicky přínosný nejen v tom, že umí zmírňovat změnu klimatu, ale i v mnoha dalších oblastech, o kterých se můžete níže dočíst.

4.6.1 Specifikace

Biouhel se vyrábí pyrolýzou při teplotách 300 – 600 °C a nedostatku vzduchu. Jde o materiál skládající se z jemnozrnných částic, které mají přibližnou podobu dřevěného uhlí. Jeho složení je různé. Používá se zdrojů organických hmot (zbytky polních i lesních hospodářství), dokonce i zbytky zvířat či komunální bioodpad.

4.6.2 Vlastnosti

Zejména se jedná o jeho výhody ve formě stabilního uhlíku, pomocí kterého se může snížit obsah CO₂ ze vzduchu. Při výrobě se z tohoto produktu uvolňují bohaté

látky na energii, jenž se může využít jako vytápění. Tento produkt je zajímavý i z agronomického hlediska, protože zadržuje agrochemikálie a zvyšuje úrodnost půdy. Princip činnosti biouhlu je vidět na obrázku číslo šestnáct.

Obr. 16 - Biouhel



Zdroj: http://biouhel.cz/wp-content/uploads/2016/03/biouhel_efekt.png

Biouhel se může využít, jak při zapravování do půdy, tak i jeho přidáním do hnoje či steliva, což má pozitivní vlastnosti (např. snižování zápachu). Biouhel lze také přidat do krmiva zvířat, čímž dojde ke snížení alergií. Zlepšuje také příjem potravy a vede k jejich celkové spokojenosti. [30]

Mezi jeho další schopnosti patří i výhoda zadržovat vodu, a to až 6x více, než je jeho váha. Touto výhodou nachází využití, jak při izolaci budov, tak při regulaci vlhkosti vzduchu. Biouhel se také vyrábí z bambusu, a poté se přidává do textilu. Výhodou je zlepšení prodyšných i tepelných vlastností. Používá se i k výrobě televizí, počítačů, bot atd. Má opravdu široké využití. [31]

4.7 PRP Technologies

4.7.1 Přiblížení

PRP Technologies je mezinárodní firma, která sídlí v Paříži, ale výrobní centrum má v Bretani. Jde o mezinárodní společnost dodávající své produkty do několika zemí Evropy. Konkrétně jde o Českou Republiku, Slovensko, Polsko, Německo, Srbsko, Chorvatsko, Švýcarsko, Nizozemí i Francii.

Společnost má registrovány dva patenty pro aplikaci a dva pro výrobu. V podstatě jde o sušící a granulační zařízení používané k výrobě svých produktů. [32]

Společnost nabízí tyto produkty:

- Z´fix (aktivátor biologické přeměny statkových hnojiv),
- Z´dry (vysušení podestýlek a podlah v chovu hospodářských zvířat),
- PRP SOL (zlepšení vitálních funkcí půdy),
- PRP EBV (fysiologicko – stimulační minerální roztok),
- ExplOrer (biostimulant). [32]

4.7.2 Z´fix

Jde o granulovaný přípravek, jenž přeměňuje organickou hmotu z živočišné produkce (fermentaci kejdy ovlivňují uhličitany a minerální soli). Pro zlepšení stájového prostředí se využívají esenciální oleje, které napomáhají ke zlepšování schopnosti pohlcovat stájové plyny. Tento přípravek zlepšuje nejen užitečnost, ale i čistotu zvířat, agronomickou hodnotu kejdy a homogenitu kejdy. Můžeme říct, že zlepšuje využití živin při polní aplikaci. [32]

Používá se buďto přímo do jímek s kejdou nebo na rošty za přítomnosti zvířat. Tento přípravek nese certifikaci pro používání v ekologickém zemědělství. Nežádoucí účinky, které lze tímto přípravkem řešit, jsou znázorněny v tabulce číslo čtyři. [32]

Tab. 4 - Problémy řešitelné přípravkem Z'fix

FYZIKÁLNÍ	CHEMICKÉ	BIOLOGICKÉ
Problémy s vybíráním a rozmetáváním	Ztráta fertilizačních prvků	Nadměrná spotřeba organické frakce
Špatný stav podestýlky	Vývin plynu	Zdravotní anomálie
Usazování kejdy a vytváření krusty	Zápach	Degradace biologické aktivity

Zdroj: <http://elita.testujeme.cz>, upravil Dvořáček 2018

Výsledkem je větší jímavost tekutin podestýlkou a snížení produkce stájových plynů. Tímto přípravkem lze tedy nalézt úsporu slámy, a tím i prodloužení časového intervalu podestýlky ve stáji z 60 až na 110 dní. Toto zjištění bylo uskutečněno ve společnosti Agro, družstvo Záhoří u Písku. Z'fix se nepoužívá pouze u chovu dobytka, ale i v chovech prasat pro snížení zápachu a emisí amoniaku. [33]

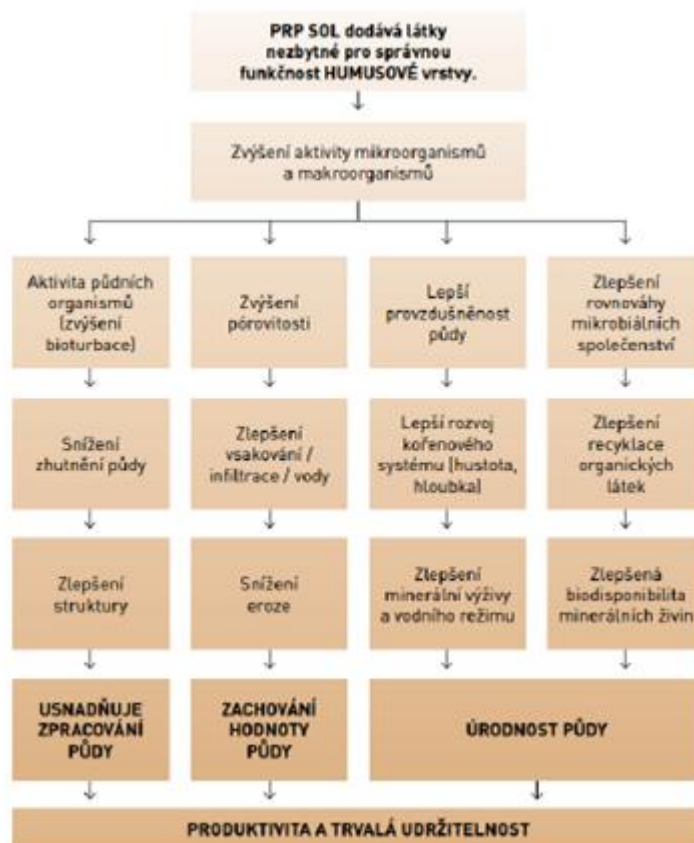
4.7.3 PRP SOL

Jedná se o pomocnou půdní látku na bázi dolomitického vápence, vápenatých granulátů a samotného vápence. Tato látka má hnědou barvu a prodává se ve formě granulátu, který obsahuje vápník, malé množství hořčíku, a také stopové prvky, jenž mají přirozený obsah těchto surovin. Výrobek obsahuje rozpustné pojidlo rostlinného původu. Veškeré vlastnosti tohoto produktu jsou k vidění na obrázku číslo sedmnáct. [32]

Výrobce udává vhodnost přípravku pro všechny druhy obhospodařovaných půd, jako jsou půdy orné, půdy sadové, půdy zelinářské, půdy v zahradnictví, trvalé travní porosty (pastviny, louky) a lesní školky. Největší účinnosti však tento přípravek dosahuje u okopanin a víceletých plodin. [32]

Tento přípravek by měl mít pozitivní vliv na stabilitu půdní struktury, zvyšovat infiltraci a retenci vody v půdě. [34]

Obr. 17 - Vlastnosti PRP SOL



Zdroj: <http://www.prp-technologies.eu>

Studie výzkumníků z Pařížské university v roce 2008 o tomto výrobku zjistila, že tento minerální roztok PRP SOL je nápomocen k obnově rovnováhy enzymatických činností půdy. Tento roztok působí jako katalyzátor biologických půdních činností na jednotlivé organismy, jenž se v půdě vyskytují (kořeny, žížaly).

K jeho aplikaci dochází za pomoci rozmetadel minerálních hnojiv. PRP SOL nelze rozpouštět ve vodě a poté ho použít na list. Může se použít před setím nebo dle potřeby. Nejlepšího účinku dosáhneme na posečeném poli (strništi) po řepce, obilovinách nebo také na kukuřici. Dá se také použít po sklizni okopanin nebo ostatních rostlin, jenž zanechávají rostlinné zbytky.

U dávek nižších než 300 kg.ha⁻¹ není potřebné pro polní hospodaření a zelinářství, zapravování tohoto přípravku do půdy. Vlastnosti PRP SOL se totiž působením atmosférických vlivů nemění. U vyšších dávek než je 300 kg.ha⁻¹ se toto hnojivo doporučuje zapravit do hloubky 10 až 20 cm. Pro pěstitele víceletých plodin a sadovnické firmy je doporučeno přípravek rovnoměrně rozhodit po celém povrchu pozemku. V tabulce číslo pět je uvedeno dávkování přípravku PRP SOL výrobcem. [32]

Tab. 5 - Dávkování pomocí přípravku PRP SOL

Typ plodiny	Dávkování PRP SOL [kg.ha ⁻¹]
Řepka ozimá	150 až 200
Obiloviny	150 až 200
Mák setý	150 až 200
Jetel, vojtěška	200 až 300
Cukrovka	200 až 300
Kukuřice na siláž	200 až 300
Zelenina	300 až 400
Sady	300 až 600
Vinice	300 až 600
Chmelnice	300 až 600
Lesní školky a výsadba	300 až 600
Ovocné a okrasné školky	300 až 600

Zdroj: Firemní prospekty firmy PRP Technologies

4.7.4 PRP SOL - pokusy

Výzkum přípravku PRP SOL provedl v roce 2009 Dr. Ing. Luděk Hřivna z Mendelovy univerzity na sladovnickém ječmenu. Sledoval převážně kvalitu a výnos.

Nepoužíval pouze přípravek PRP SOL, ale i hnojivo PRP EBV, což je postřik, jenž se používá aplikací na list při vegetaci. To vše bylo provedeno v Zemědělském družstvu Agropol Velká Bystřice. [34]

Na čtyřech variantách byl proveden pokus. První se uvažovala jako kontrolní. U druhé byl použit samostatně přípravek PRP SOL. Na třetí byl použit přípravek PRP SOL společně s PRP EBV a na čtvrté variantě byl samostatně použit přípravek PRP EBV. Čtvrtá varianta vykazovala nejvyšší výnosy zrn i dobrou škrobnatost pro sladařské účely. U třetí varianty se zjistila nejvyšší objemová hmotnost zrn. Ve všech variantách byl však obsah dusíkatých látek vyrovnaný. [34]

Při druhém pokusu se na hydrofyzikálních vlastnostech půdy při pěstování cukrové řepy zjistilo, že ji přípravek PRP SOL výrazně ovlivňuje. Výzkum se prováděl v roce 2008 až 2009 na severní Moravě. Konkrétně se jednalo o lokalitu Hlavnic. Ve vyhodnocení pokusu nebylo stanoveno, že přípravek PRP SOL kladně ovlivňuje tyto vlastnosti při pěstování cukrové řepy. [34]

4.8 Statková hnojiva

4.8.1 Chlévský hnůj

Jedná se o fermentovanou chlévskou mrvu, což je směs tekutých a tuhých výkalů hospodářských zvířat. Chlévský hnůj uzrává v hnojišti a lze v něm najít stelivo a zbytky krmiva. Dle tmavé barvy poznáme kvalitně vyzrálý chlévský hnůj. Jde o lehce zpracovatelnou hmotu, jejíž charakteristickým znakem je jemný zápach amoniaku. Na první pohled jsou zbytky steliva znatelné, ale není problém v jejich mechanickém oddělení. O kvalitním chlévském hnoji rozhoduje obsah organických látek, živin, sušiny, ale i druh zvířete, jeho krmení, stáří a ustájení. Rozhodující je i druh a množství steliva. Zrání chlévského hnoje je složitý proces, jehož důležitým faktorem je přístup vzduchu (kyslíku), teplota a vlhkost prostředí. Jedná se o velice používané organické hnojivo. [35]

4.8.2 Prasečí kejda

Jde o částečně zkvašenou směs tuhých a tekutých výkalů hospodářských zvířat a zbytků krmiv, s podílem technologické vody větším nebo menším množstvím i steliva, se nazývá kejda. Její složení bývá často odlišné. Pro obsah živin je velice důležité procentuální zastoupení sušiny, které závisí na množství technologické vody. Pro hnojení se doporučuje kejda s obsahem sušiny 7,5 %. Kvalita i kvantita kejdy záleží na obsahu vody, druhu a kategorii zvířat. Dále na jejich stáří, krmení, užitkovém zaměření atd. [35]

4.8.3 Slepičí trus

Pokud se jedná o slovo trus, tak tím máme na mysli výkaly drůbeže, jenž mají odlišný obsah vody. Rozdílným faktorem je i množství příměsí (různé množství krmiva nebo peří). Význam slova trus se nepoužívá pouze u drůbeže, nýbrž u drobných hospodářských zvířat chovaných pro kožešinu. Druh a množství produkce hnojiva není totožný, ale závisí na druhu zvířat, kategorii zvířat, technologickému systému chovu, systému ustájení atd. [36]

5 Praktická část

5.1 Zemědělská společnost ZEPO Bělohrad, a.s.

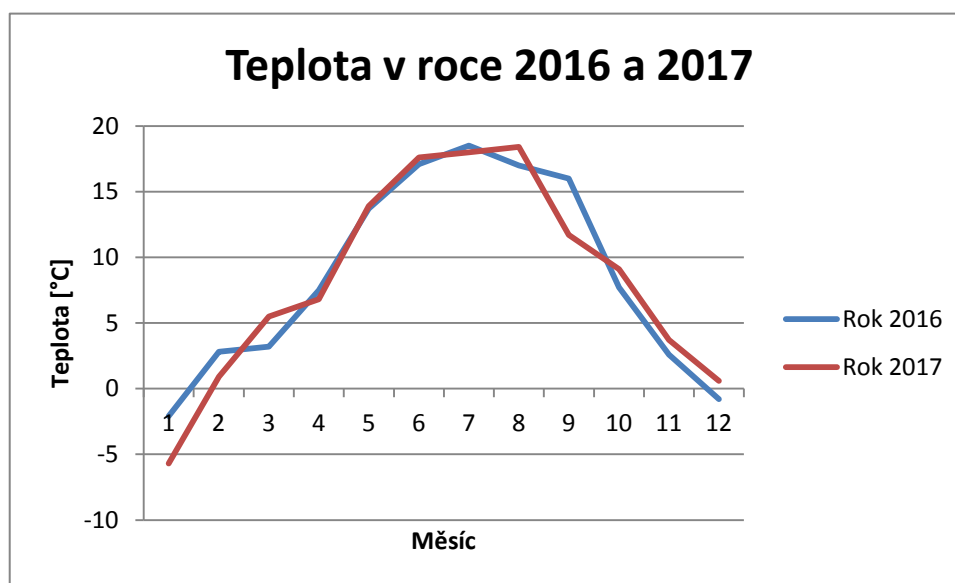
Hodnoty této diplomové práce byly změřeny v Zemědělské společnosti ZEPO Bělohrad, která vznikla zápisem do obchodního rejstříku dne 1. 3. 1996. [37]

Společnost obdělává 1300 ha zemědělské půdy v jižní části okresu Jičín. Obhospodařuje těžké a velmi těžké kamenité pozemky. Najdeme zde na 1025 ha obiloviny, ozimou řepku, kukuřici, jetel i vojtěšku. Zbytek jsou trvalé travní porosty, které zkrmují skotem. [37]

5.2 Klimatické podmínky

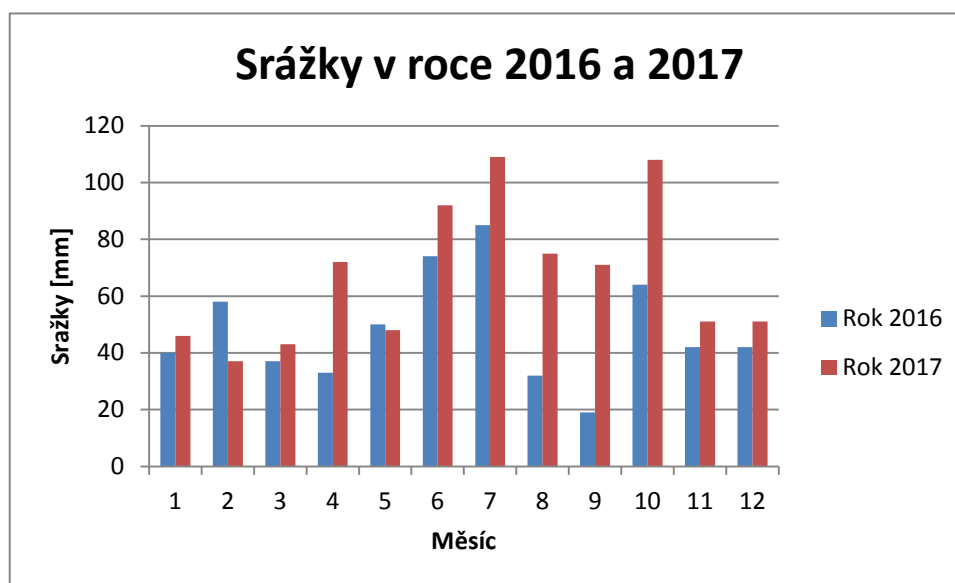
V grafu číslo jedna jsou znázorněny průměrné měsíční teploty v Královéhradeckém kraji pro rok 2016 a 2017.

Graf 1 – Průměrné měsíční teploty v Královéhradeckém kraji pro rok 2016 a 2017



V grafu číslo dva jsou znázorněny průměrné měsíční srážky v Královéhradeckém kraji pro rok 2016 a 2017.

Graf 2 – Průměrné územní srážky v Královéhradeckém kraji pro rok 2016 a 2017

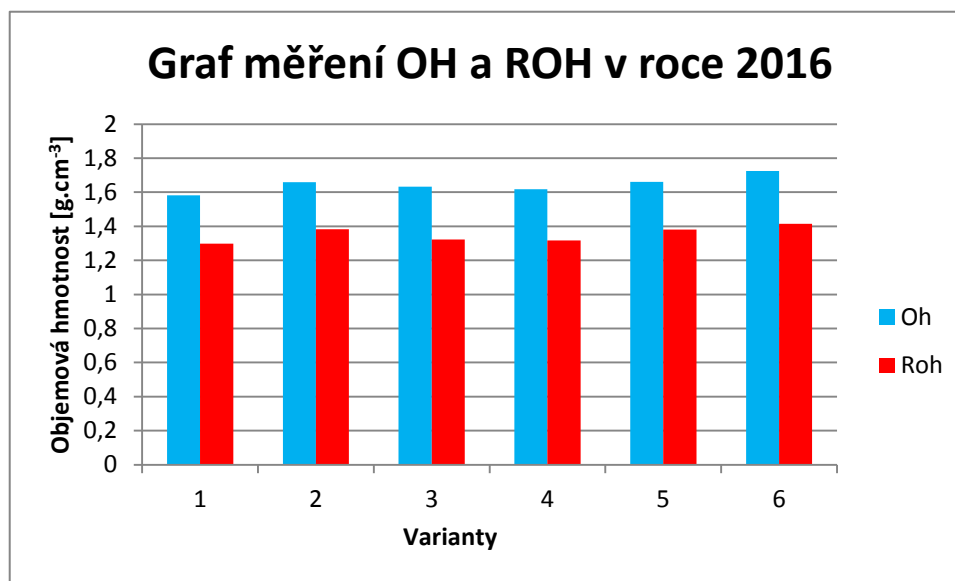


5.3 Objemová a redukovaná objemová hmotnost

Následující dva grafy nám znázorňují hodnoty, jakých hodnot nabývá objemová hmotnost vlhké půdy a jakých hmotnost půdy suché (redukovaná objemová hmotnost).

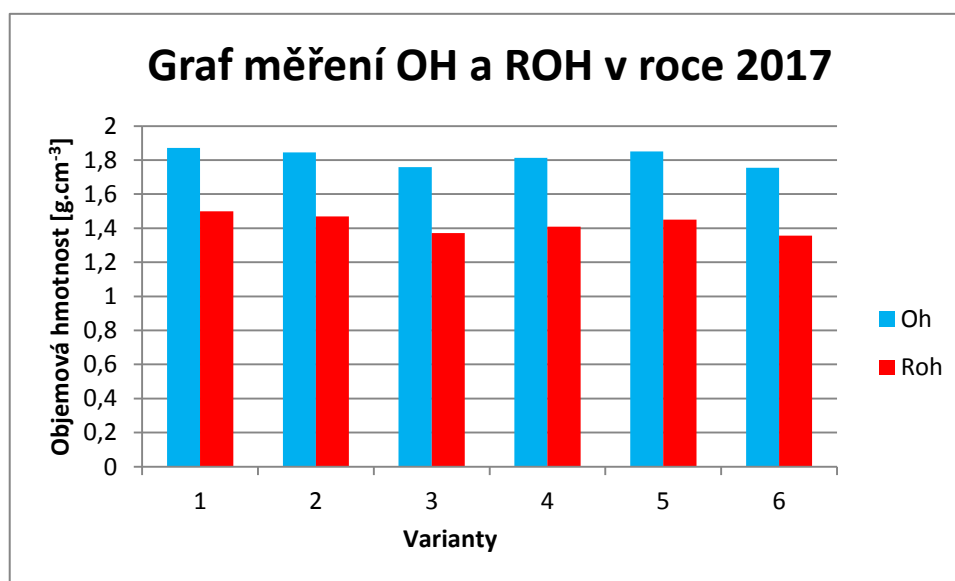
Z grafu číslo tři jsou patrné největší odchylky objemové hmotnosti. Tyto rozdíly se ukázaly ve variantách měření číslo jedna a číslo šest. Obdobně tomu bylo také u měření redukované objemové hmotnosti, kde obě tyto hodnoty vykazovaly největší rozdíly.

Graf 3 - Měření objemové hmotnosti (OH) a redukované objemové hmotnosti (ROH) v roce 2016



V roce 2017, jak je z grafu číslo čtyři patrné, tak nejvyšší rozdíl hodnot objemové hmotnosti vykazovala opět varianta číslo jedna a číslo šest, ale v opačném smyslu. Oproti variantám z roku 2016 vzrostla redukovaná objemová hmotnost u většiny variant s výjimkou varianty číslo šest, která klesla o hodnotu nižší než 0,1 g.cm⁻³, což není takový rozdíl.

Graf 4 - Měření objemové hmotnosti (OH) a redukované objemové hmotnosti (ROH) v roce 2017



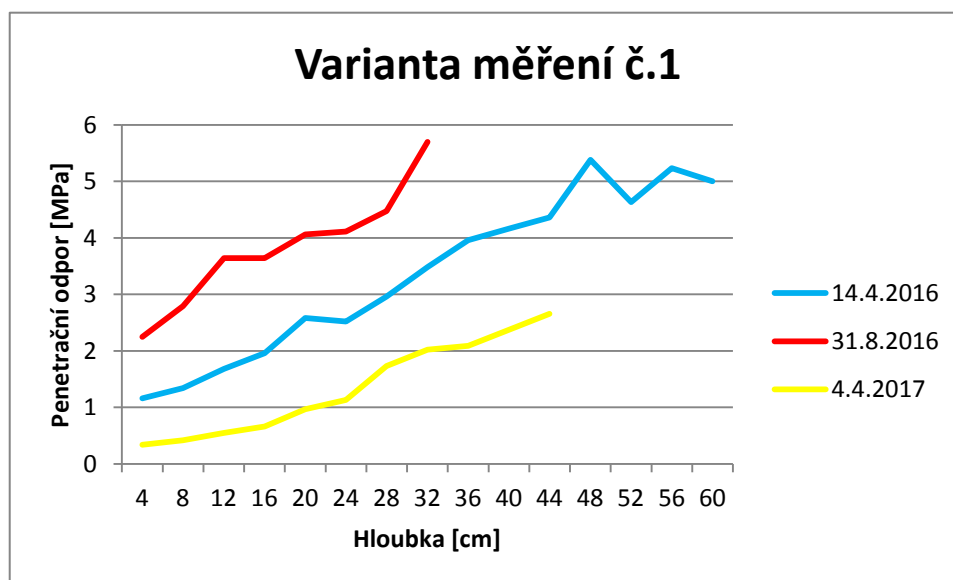
5.4 Penetrační odpor

V této kapitole jsou samostatně definovány varianty měřících pokusů. Všechny tyto varianty jsou naměřeny v rozdílných datech. První a druhé měření probíhalo v roce 2016 (ve dnech 14. dubna a 31. srpna). Poslední měření proběhlo 4. dubna roku 2017.

5.4.1 Varianta měření č. 1

V prvním grafu této podkapitoly lze spatřit hodnoty první varianty měření, kde byl použit hnůj, přípravek Z'fix a NPK. Z grafu je patrné, že největší hodnota penetračního odporu v hloubce 4 cm byla naměřena při srpnovém měření, a to do hloubky 32 cm. Při prvním měření v dubnu se nám podařilo dostat až do hloubky 60 cm, což bylo nejspíš způsobeno dubnovým počasím. U třetího měření jsme se však dostali na nejmenší hodnotu hloubky (44 cm) ze všech šesti variant měření. Z grafu je také vidět, jak se nám odpor jednotlivých měření postupně zvyšoval. Rozdíl minimální a maximální hodnoty naměřeného penetračního odporu je přibližně 3 MPa.

Graf 5 - Měření penetračního odporu pro variantu č. 1

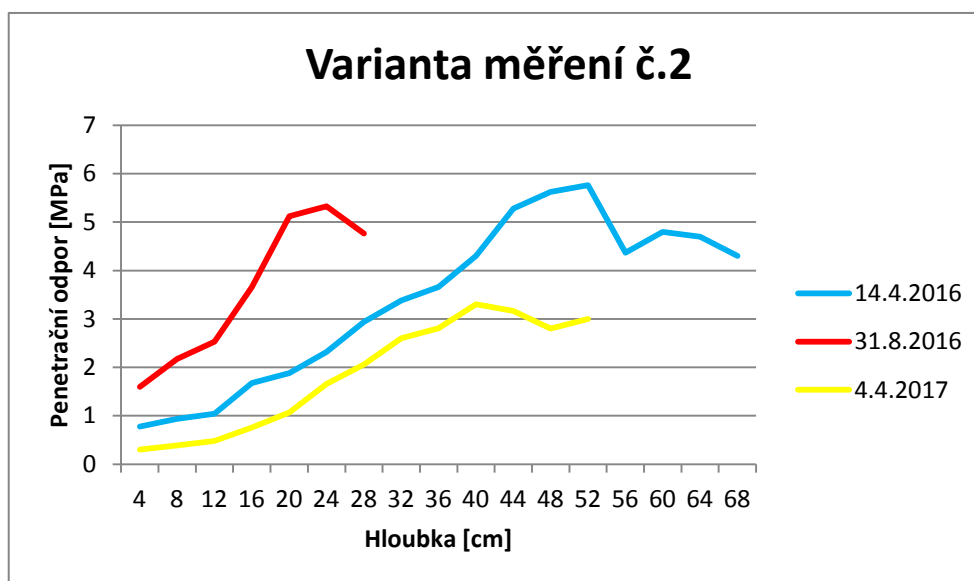


5.4.2 Varianta měření č. 2

U této varianty byl použit hnůj společně s přípravkem Z'fix, PRP SOL a NPK. Vyhodnocení výsledků lze spatřit na grafu číslo šest. K největšímu nárůstu

penetračního odporu došlo při srpnovém měření, kdy rozdíl tohoto odporu v hloubce 12 až 20 cm dosahoval hodnoty 2,5 MPa. V srpnu také došlo k nejmenší změřené hloubce ze všech šesti variant. Měření penetračního odporu při obou dubnových měření měly totožný nárůst odlišný o hodnotu 0,5 MPa. Tento nárůst je do hloubky 40 cm. Opět se prvním měření dostáváme do největší hloubky měření.

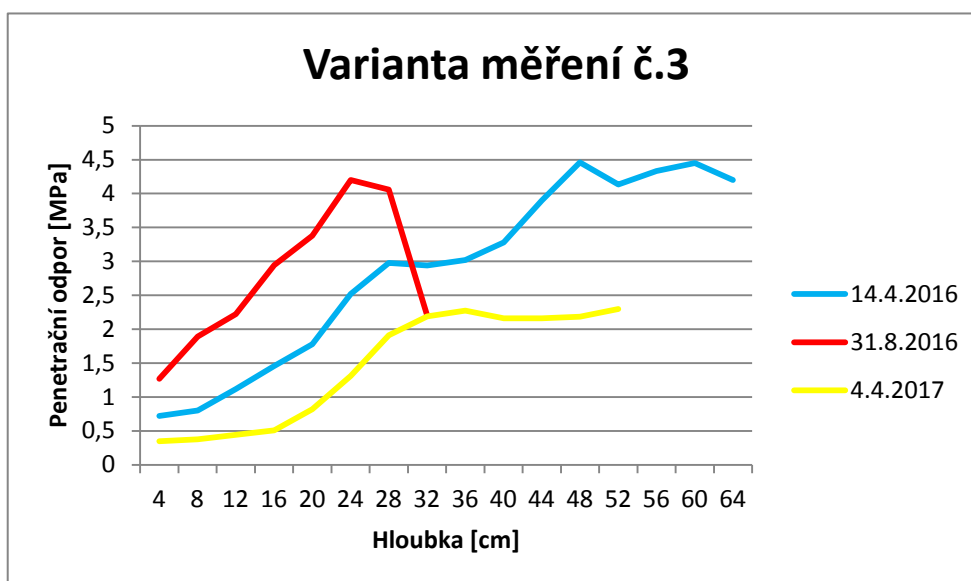
Graf 6 - Měření penetračního odporu pro variantu č. 2



5.4.3 Varianta měření č. 3

U varianty měření číslo tři byl použit hnůj společně s NPK. Z grafu je patrný nárůst penetračního odporu při druhém měření na hodnotu 4,5 MPa a její prudký pokles na hodnotu 2,3 MPa. Opět se u tohoto srpnového měření dostáváme do nejnižší hloubky, což je následkem letního počasí a vysušenosti půdy.

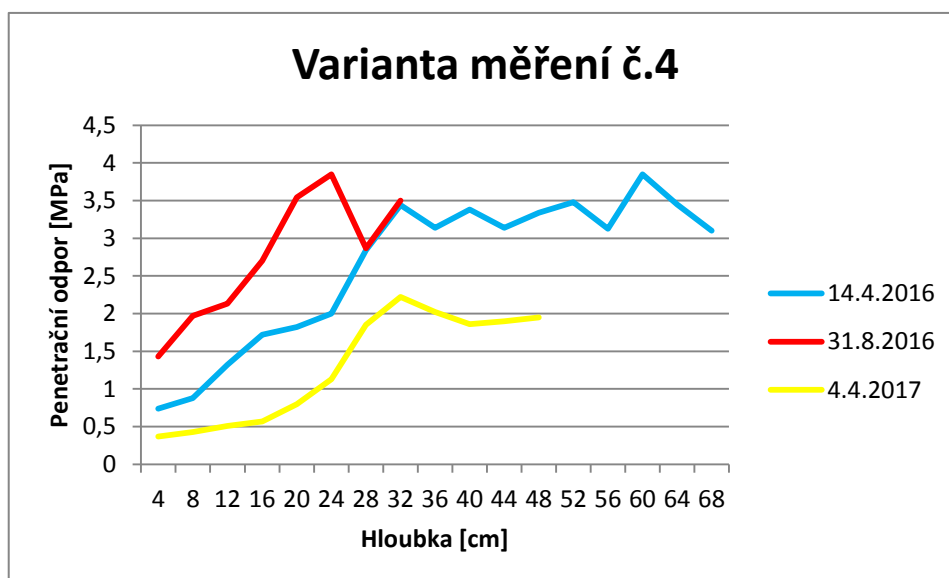
Graf 7 - Měření penetračního odporu pro variantu č. 3



5.4.4 Varianta měření č. 4

V této variantě měření byl použit hnůj společně s PRP SOL a NPK. Na grafu číslo osm je opatrné, že hodnoty všech tří měření jako jediné ze všech šesti variant nepřesáhly hodnoty penetračního odporu 4 MPa. Při prvním a druhém měření se nám v hloubkách 28 a 32 cm podařilo naměřit totožných hodnot penetračního odporu.

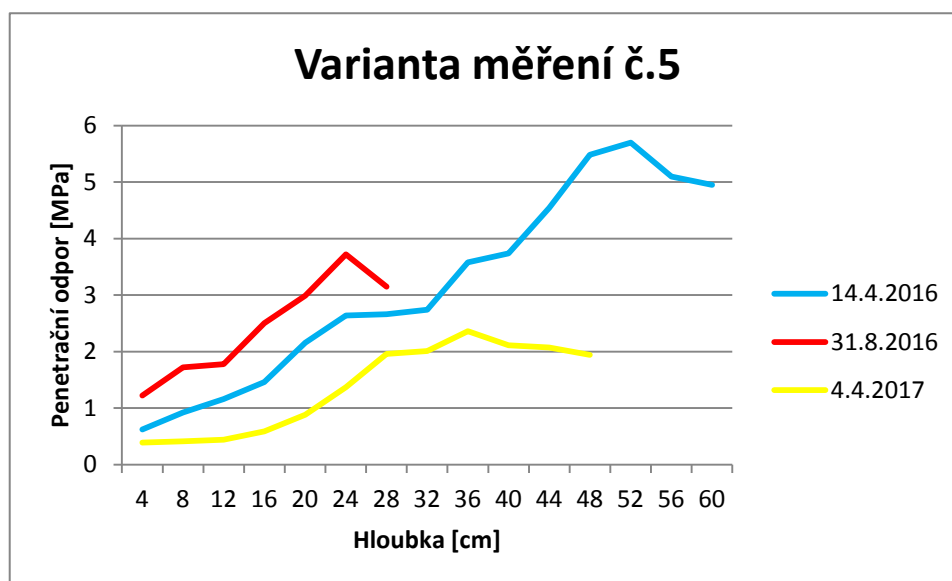
Graf 8 - Měření penetračního odporu pro variantu č. 4



5.4.5 Varianta měření č. 5

Vyhodnocení tohoto měření lze sledovat v grafu číslo devět, kde byly použity přípravky PRP SOL a NPK. Je zde znázorněn nárůst penetračního odporu prvního měření na hodnotu 5,5 MPa do hloubky 52 cm. U posledního měření je vidět totožná hodnota penetračního odporu ve třech hloubkách. Třetí měření proběhlo do hloubky 48 cm a nabývalo maximální hodnoty penetračního odporu 2,5 MPa.

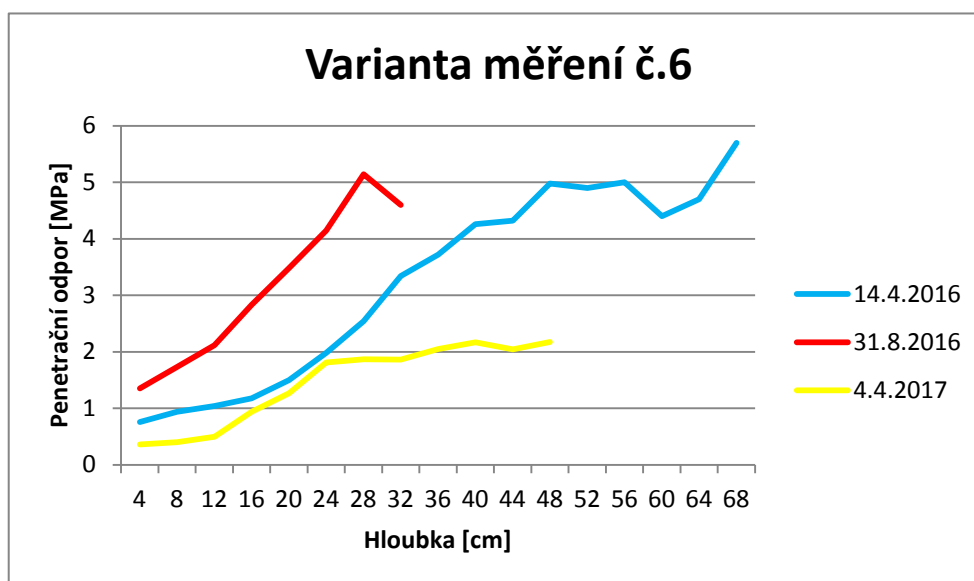
Graf 9 - Měření penetračního odporu pro variantu č. 5



5.4.6 Varianta měření č. 6

Na grafu číslo deset lze spatřit závislost penetračního odporu na hloubce. Tato varianta je variantou kontrolní. Opět zaznamenáváme největší hodnotu penetračního odporu při druhém měření do hloubky 28 cm. Nejnižších hodnot dosahuje třetí měření, které nabývá rozdílu 3 MPa v hloubce 48 cm proti prvnímu měření.

Graf 10 - Měření penetračního odporu pro variantu č. 6



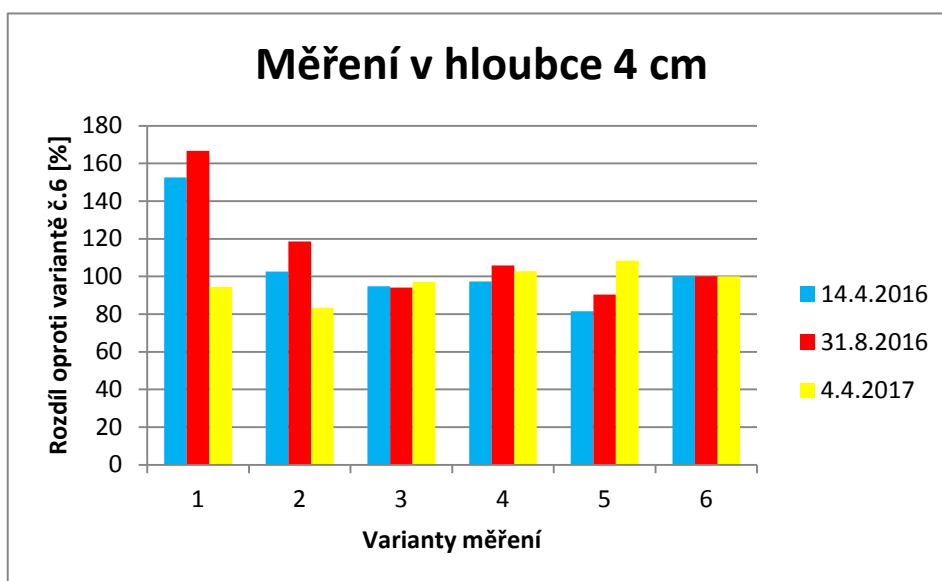
5.5 Penetrační odpory naměřené v jednotlivých hloubkách

V této kapitole se zaměříme na porovnání penetračních odporů v jednotlivých hloubkách. Procentuální porovnání jednotlivých variant je vztaženo ke kontrolní variantě číslo šest.

5.5.1 Měření v hloubce 4 centimetrů

V grafu číslo jedenáct je zřejmé, jak se měnily hodnoty v hloubce 4 centimetrů. Nejvýraznější odchylky oproti kontrolní variantě číslo šest měla první varianta. V té se při prvních měření hodnota odporu zhoršila od kontrolní varianty o 55 %. Hůře na tom bylo druhé měření, kde se hodnota měřeného odporu zhoršila o 70 %. V této variantě byl aplikován hnůj společně s přípravkem Z'fix a NPK. Naopak na tom byla varianta číslo pět, kde u prvního měření došlo ke snížení penetračního odporu o 20 %.

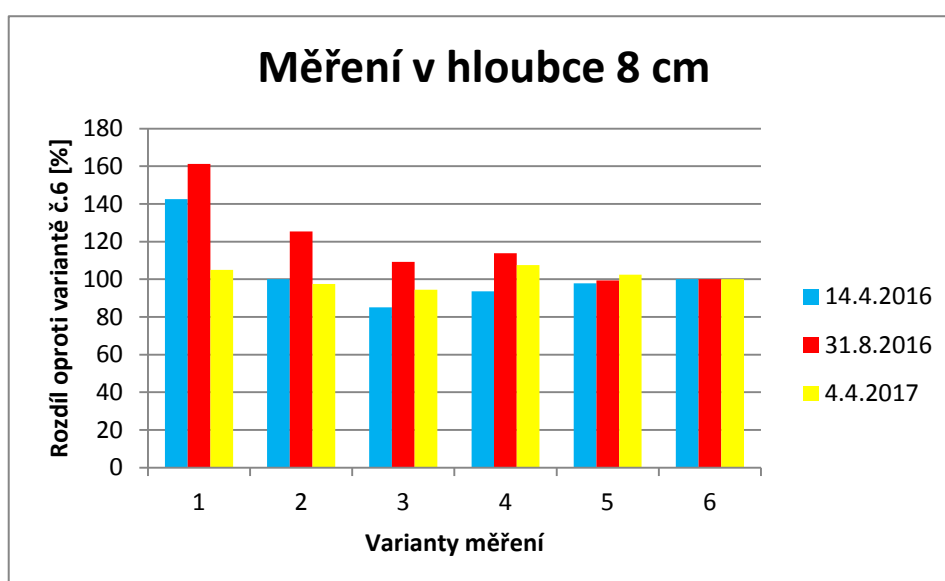
Graf 11 - Měření penetračního odporu v hloubce 4 cm



5.5.2 Měření v hloubce 8 centimetrů

Na grafu číslo dvanáct, můžeme pozorovat vyrovnanost páté varianty oproti variantě kontrolní. V této variantě byl použit přípravek PRP SOL s NPK. Opět nejvyšších hodnot penetračního odporu dosahovalo druhé měření u varianty číslo jedna a nejnižších hodnot první měření u varianty číslo tři. Hodnota se u tohoto měření oproti kontrolní variantě snížila o 15 %.

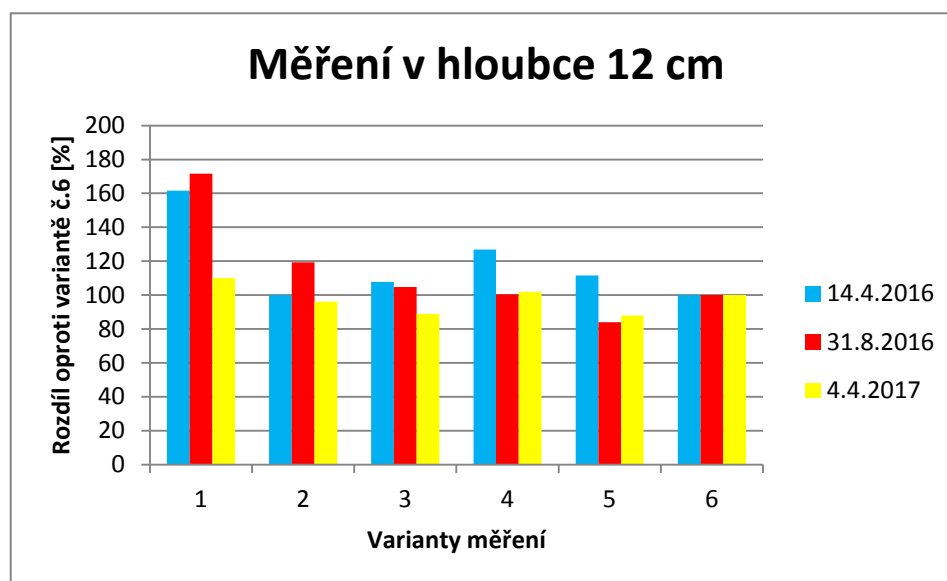
Graf 12 - Měření penetračního odporu v hloubce 8 cm



5.5.3 Měření v hloubce 12 centimetrů

V této měřicí hloubce nejlépe dopadla varianta číslo pět, u které jsou k vidění minimální rozdíly druhého a třetího měření. Obdobně tomu byla varianta číslo čtyři, která byla u druhého a třetího měření téměř totožná s kontrolní variantou číslo šest. Ve variantě čtyři je použit hnůj, PRP SOL a NPK. Výsledky tohoto měření lze vidět v grafu číslo třináct.

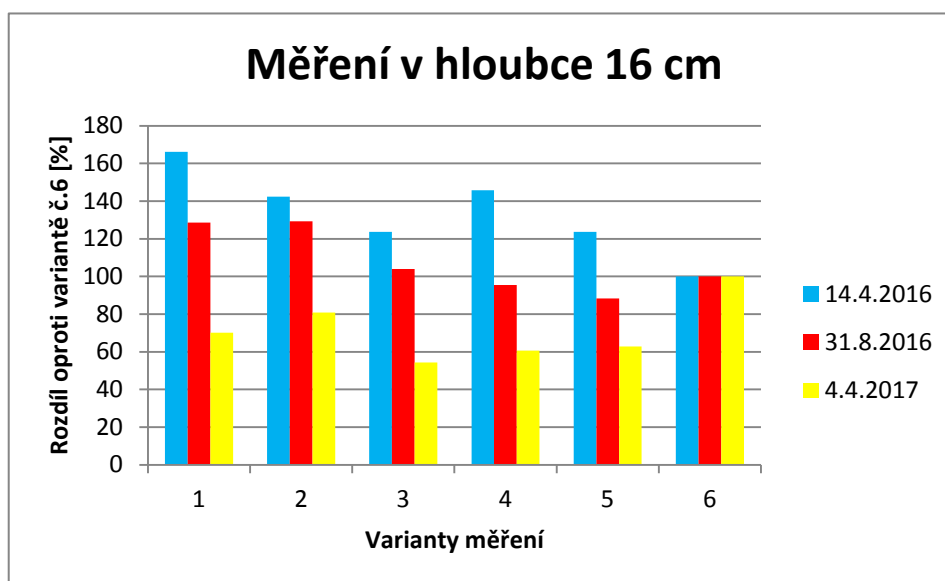
Graf 13 - Měření penetračního odporu v hloubce 12 cm



5.5.4 Měření v hloubce 16 centimetrů

V grafu číslo čtrnáct v hloubce 16 centimetrů jsou hodnoty prvního měření všech variant nad kontrolní hodnotou. Nejhoršího penetračního odporu dosahuje první měření varianty číslo jedna oproti kontrole o více jak 65 %. Nejlépe na tom ze všech prvních měření byly varianty číslo tři a pět, které se odlišovaly od kontroly o 25 %. Nejpříznivější hodnotu nám vykazovala varianta hnoje a NPK, která nabývala hodnoty o 45 % nižší než varianta kontrolní.

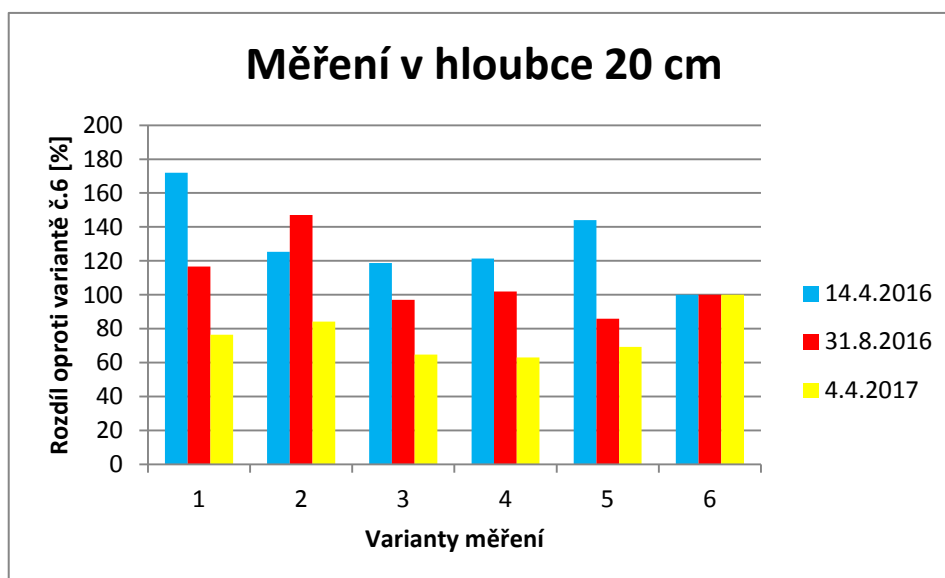
Graf 14 - Měření penetračního odporu v hloubce 16 cm



5.5.5 Měření v hloubce 20 centimetrů

Pozitivních hodnot, jak je patrné z grafu číslo patnáct dosahovaly všechny varianty třetího měření. Nejlépe na tom byla varianta číslo tři. Naopak nejhůře varianta číslo jedna, kde její první měření dosahovalo hodnoty o 70 % vyšší než kontrolní varianta šest.

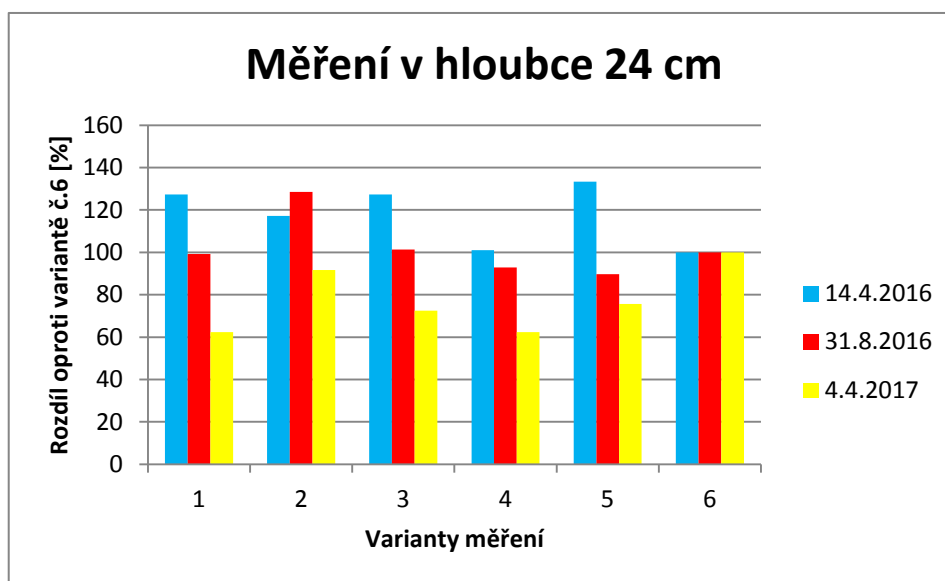
Graf 15 - Měření penetračního odporu v hloubce 120 cm



5.5.6 Měření v hloubce 24 centimetrů

V této naměřené hloubce jako jediné ze všech měření nebyla varianta číslo jedna nejhorší. K největšímu procentuálnímu zhoršení zde dochází u varianty číslo pět, a to o 30 %. Jedná se o variantu s použitím přípravku PRP SOL a NPK. Naopak nejlepších výsledků bylo zjištěno u třetích měření variant jedna a čtyři.

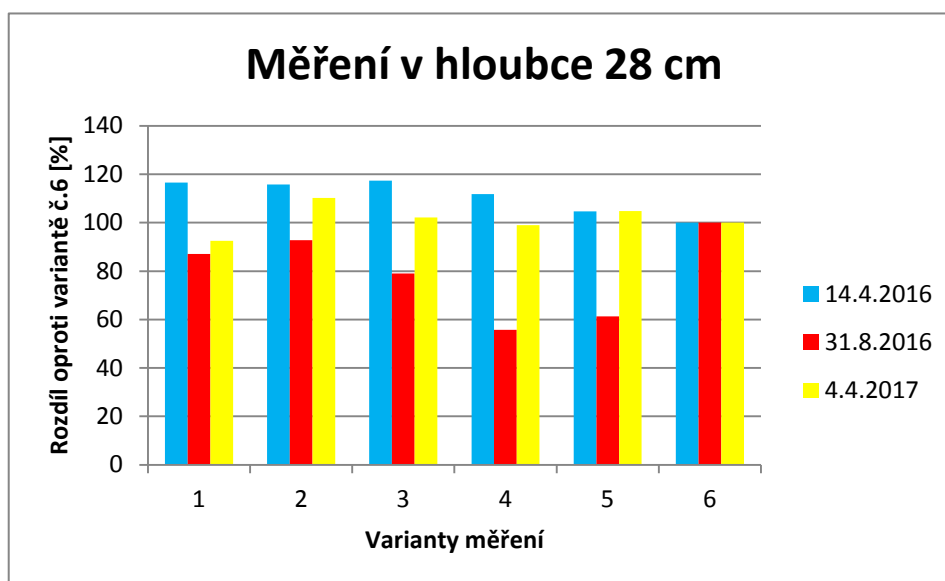
Graf 16 - Měření penetračního odporu v hloubce 24 cm



5.5.7 Měření v hloubce 28 centimetrů

Tato varianta byla poslední měřicí hloubkou, pro kterou se dal ještě stanovit penetrační odpor. Vyhodnocení z tohoto měření lze sledovat z grafu číslo sedmnáct. Největších hodnot zde bylo zjištěno u varianty číslo jedna. Největších rozdílů zde dosahovala varianta měření číslo čtyři, kdy došlo k rozdílu prvního a druhého měření o hodnotu 55 %.

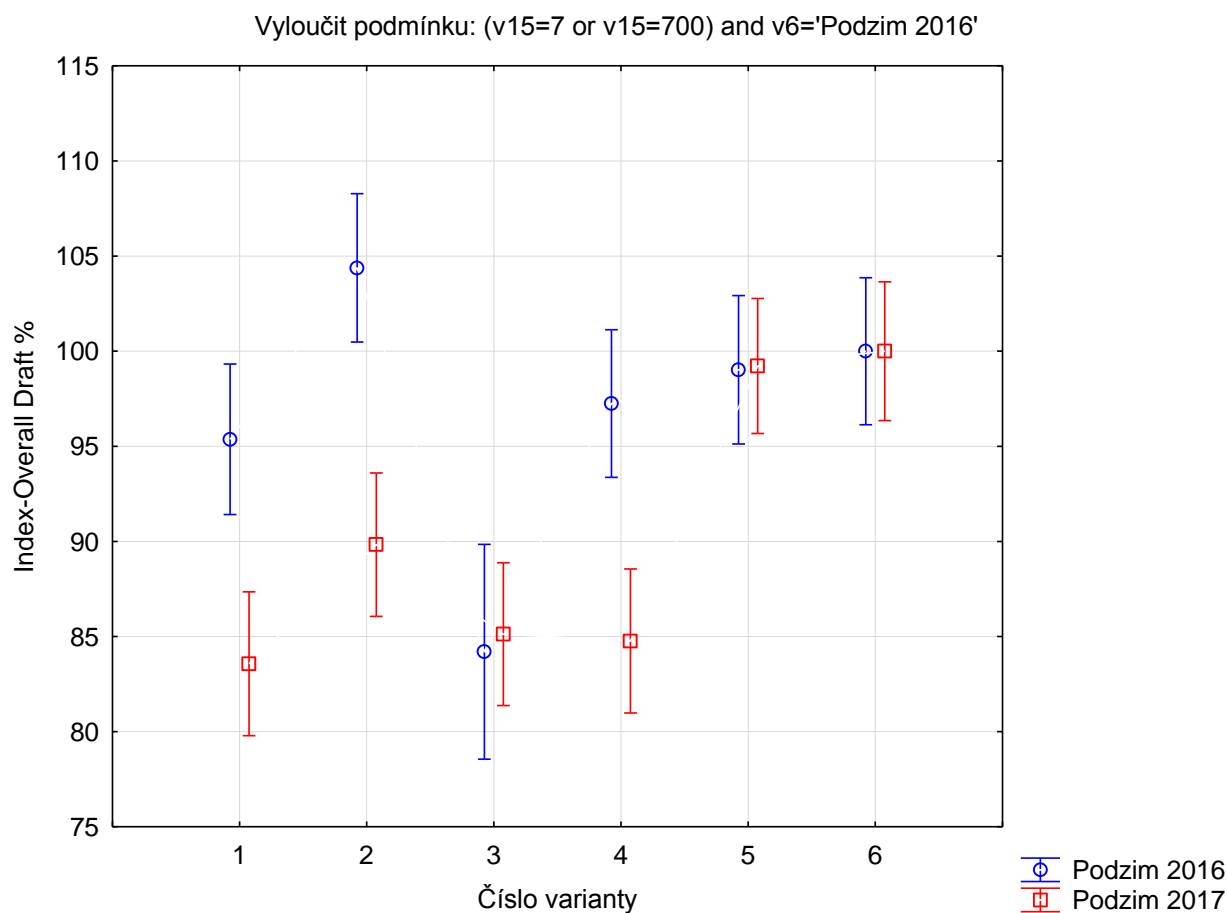
Graf 17 - Měření penetračního odporu v hloubce 28 cm



5.6 Tahový odpor

Na grafu číslo osmnáct můžeme vidět změny tahového odporu v letech 2016 a 2017. Oproti druhé variantě měřené na podzim roku 2016 nabývají ostatní varianty a jednotlivá měření hodnot nižších, než je kontrolní varianta. Celkově se průměrný tahový odpor všech variant snížil o devět procent.

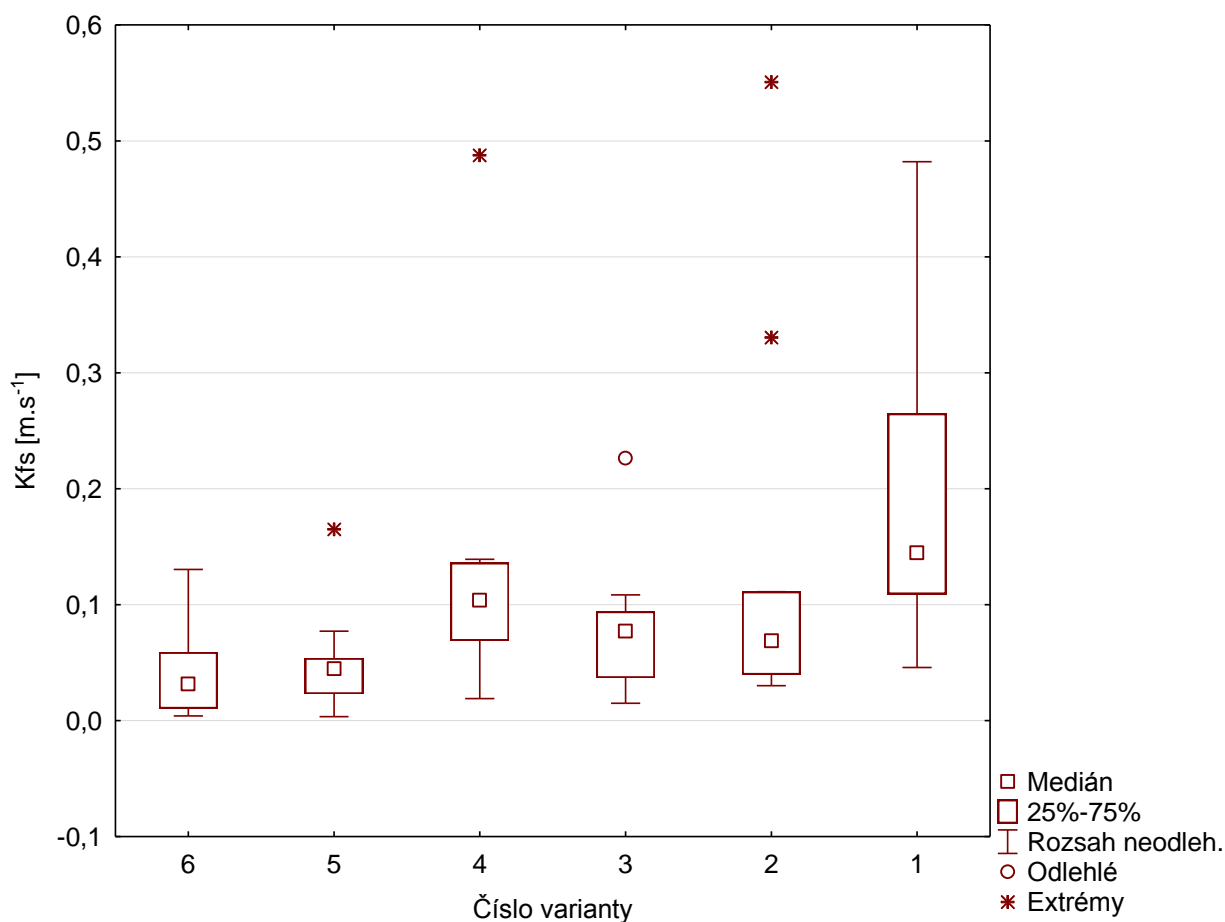
Graf 18 – Tahový odpor v letech 2016/17



5.7 Infiltrace půdy

V grafu níže je k vidění závislost hydraulické vodivosti na jednotlivých variantách, přičemž nejnižší hydraulickou vodivost měla varianta číslo šest. Na této půdní variantě bylo použito pouze hnojivo NPK. Nejvyšší hodnotu hydraulické vodivosti vykazovala varianta číslo jedna, na které byl použit hnůj s přípravkem Z'fix a NPK. V tomto grafu číslo devatenáct je pro srovnání hodnot použit medián, který vylučuje extrémní naměřené hodnoty.

Graf 19 – Závislost hydraulické vodivosti



6 Závěr

Výsledky objemové hmotnosti

U grafů číslo tři a čtyři při měření objemové hmotnosti došlo ke zvýšení všech hodnot v závislosti na předešlém roce 2016. Největší odchylku od kontrolní varianty dosahovala varianta I a, na které byl použit hnůj s přípravkem Z'fix a hnojivem NPK.

Výsledky infiltrací půdy

U vyhodnocení infiltračních vlastností půdy měla nejnižší hydraulickou vodivost varianta číslo šest. Na této variantě bylo použito pouze hnojivo NPK. Nejvyšší hodnotu hydraulické vodivosti vykazovala varianta číslo jedna, na které byl použit hnůj s přípravkem Z'fix a NPK.

Výsledky tahového odporu

V tabulce číslo šest jsou procentuálně vyhodnoceny jednotlivé varianty tahových odporů v závislosti na kontrolní variantě. Je zřejmé, že po použití přípravků a hnojiv pro zlepšení vlastností půdy došlo ke snížení tahového odporu. Celkový tahový odpor se snížil v průměru o necelých 9 %. Lze jen usoudit, že přípravky firmy PRP Technologies měly kladný vliv na velikost tahového odporu.

Nejmenší hodnotu zlepšení dosáhla ve srovnání s kontrolní variantou varianta popisu V a, kdy rozdíl oproti kontrole dosahoval hodnoty 3 %. Tento typ varianty byl hnojen přípravkem PRP SOL spolu s hnojivem NPK. Další v pořadí skončila varianta II a, která oproti kontrolní hodnotě vzrostla zhruba o 9 %. Na této variantě byl použit hnůj s přípravky Z'fix, PRP SOL a hnojivo NPK.

Nejnižší hodnoty tahového odporu dosáhla varianta IV a, u které došlo ke snížení tahového odporu v závislosti na kontrolní variantě o více jak 12 %. U této varianty byl využit hnůj, přípravek PRP SOL a hnojivo NPK. Zbývající dvě varianty dosáhly zlepšení oproti kontrole zhruba o 10 %.

Tab. 6 - Procentuální porovnání tahového odporu oproti kontrole

Varianta	Rok 2016 [%]	Rok 2017 [%]	Rozdíl [%]
I a	105,70	96,02	-9,68
II a	95,80	86,85	-8,96
III a	97,96	88,57	-9,39
IV a	107,67	95,05	-12,62
V a	100,73	97,48	-3,25
VI a	100	100	0

Výsledky penetračního odporu

V tabulce číslo sedm jsou procentuálně vyhodnoceny jednotlivé varianty penetračního odporu. Tento odpor se velmi těžko vyhodnocuje z důvodů vlhkých půd na jaře a suchých v létě. Z tabulky je zřejmé, že ve všech variantách kromě varianty II a se penetrační odpor snížil.

Nejhoršího výsledku porovnání s kontrolní variantou VI a dosáhl rozdíl průměrných hodnot prvního a druhého měření u varianty II a. U této varianty se za přítomnosti použití hnoje s přípravkami Z'fix, PRP SOL a hnojiva NPK zvýšil penetrační odpor o hodnotu 8 %.

Nejlepšího výsledku dosáhla varianta I a, které vylepšila penetrační odpor oproti kontrolní variantě VI a o více jak 60 %. Tato varianta byla vyhodnocena z průměrných hodnot rozdílu prvního a třetího měření varianty I a. Na této variantě byl použit hnůj s přípravkem Z'fix a hnojiva NPK.

Tab. 7 - Procentuální porovnání penetračního odporu oproti kontrole

Varianty	14. 4. 2016 [%]	31. 8. 2016 [%]	4. 4. 2017 [%]	Rozdíl 1. a 2. měření [%]	Rozdíl 1. a 3. měření [%]
I a	148,38	133,03	87,28	-15,35	-61,09
II a	114,75	123,00	91,97	8,24	-22,78
III a	110,65	98,51	82,04	-12,14	-28,60
IV a	113,98	95,17	85,32	-18,80	-28,65
V a	113,83	85,58	87,34	-28,25	-26,48
VI a	100	100	100	0,00	0,00

Zhodnocení

Úkolem této práce bylo zjistit, zda mají přípravky firmy PRP Technologies kladný vliv na fyzikální vlastnosti půd v Zemědělské společnosti ZEPO Bělohrad.

Veškerá data v této diplomové práci byla naměřena ve třech měřících dnech. První a druhé měření proběhlo ve dnech 14. 4. a 31. 8. 2016. Třetí měření proběhlo dne 4. 4. 2017.

Vyhodnocení výsledků bylo zpracováno v programu Microsoft Excel a programu Statistica. Pomocí těchto programů byly vytvořeny jednotlivé grafy.

Na základě vyhodnocení lze posoudit, že přípravky firmy PRP Technologies kladně ovlivňují fyzikální vlastnosti půd. Toto tvrzení nelze jednoznačně určit po jednom roce měření. Pro přesnější výsledky je třeba dále pokračovat na více měřících místech v dlouhodobějším časovém horizontu.

Seznam literatury

[1] HAMMEROVÁ, A.: *Odběr půdních vzorků* [online]. [cit. 2018-01-16].

Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/19/19-poster_odber_pudnich_vzorku.pdf

[2] VALLA, M.: *Pedologické praktikum*. 2. Vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2002. ISBN 80-213-0914-8.

[3] LHOTSKÝ, J.: *Zhutňování půd a opatření proti němu*: (studijní zpráva) = Soil compaction and measures against it: (review). Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2000, 61 s. Studijní informace. ISBN 80-7271-067-2.

[4] 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.

[5] HŮLA, J.: *Některé možnosti penetrometrie při hodnocení půdních vlastností*. Mechanizace zemědělství, 1996, ročník 46, č. 2, s. 7.

[6] CHAMEN T. et al. ASAE Paper. 1990, No. 90-1073.

[7] 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*. Datum konání: 28. – 30. dubna 2014. Místo konání: Praha. Stránky: 118-123. ISSN 1802-2391.

[8] HOLUBÍK, O.: *Potupy udržitelného hospodaření na zemědělské půdě s cílem optimalizace obsahu organických složek*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., 2015. 16 s.

[9] BRADY, Nyle C a Ray R WEIL.: *The nature and properties of Soils*. 13th ed. Upper Saddle River: Prentice – Hall, 2002. ISBN 0-13-016763-0.

- [10] VOLTR, V.: *Hodnocení půdy v podmínkách ochrany životního prostředí*. Praha: Ústav zemědělské ekonomiky a informací, 2011. ISBN 978-80-86671-86-4.
- [11] VOPRAVIL, J.: *Půda a její hodnocení v ČR*. 1. Vyd. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2011. ISBN 978-80-87361-02-3.
- [12] Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil S. M. AGGELIDES*, P. A. LONDRA Agricultural University of Athens, Department of Natural Resources Management and Agricultural Engineering, 75 Iera Odos, Botanicos, 11855 Athens, Greece Received 7 May 1998; received in revised form 20 April 1999; accepted 15 May 1999.
- [13] SPILKOVÁ, J., ŠEFRNA, L.: *Uncoordinated new retail development and its impact on land use and soils: A pilot study on the urban fringe of Prague, Czech Republic*. 2010. *Landscape and Urban Planning* 94 (2010), 141 – 148 s.
- [14] JANEČEK, M.: *Ochrana zemědělské půdy před erozí: Metodika*. 1. Vyd. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2007. ISBN 978-80-254-0973-2.
- [15] LIEBIG M. A., JONES A. J., MIELKE L. N., DORAN, J.: W. *Controlled Wheel Traffic Effects on Soil Properties in Ridge Tillage*. *Soil Science Society of America Journal*, 1993, 57. Pp. 1061 – 1066.
- [16] HŮLA, J., KOVAŘÍČEK, P., KROUHLÍK, M.: *Vsakování vody do půdy a povrchový odtok vody u širokořádkových plodin*. *Listy cukrov. řepař.*, 126, 2010 (1), 22 – 26 s.
- [17] HAUPTMAN, I., KUKAL, Z., POŠMOURNÝ, K., BIČÍK, I.: *Půda v České republice*. Praha: Pro Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství vydal Consult, 2009. ISBN 978-80-903482-4-0.
- [18] BALL, B. C., PARKER, J. P., SCOTT, A.: *Soil and residue management effects on cropping conditions a nitrous oxide fluxes under controlled tradic in Scotland*. *Soil& Tillage Research*, 1999, 3-4 (52). – pp. 191-201.
- [19] LARSON, D. L., CLYMA, H. E.: *Electro – osmosis effectiveness in reducing tillage draft force and energy forces*. *Transactions of ASAE*, 1995, 38: 1281-1288.

- [20] ALAKUKKU, L.: *Persistence of soil compaction due to high axle load traffic*. I. Shortterm effects on the properties of clay and organic soils. *Soil and Tillage Research*, 1996, 4 (37). Pp. 211-212.
- [21] POKORNÝ, E., ŠARAPATKA, B.: *Půdoznalství pro ekozemědělce*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2003. Příručka ekologického zemědělce. ISBN 80-7084-295-4.
- [22] ŠIMEK, M.: *Základy nauky o půdě 2.*, upr. a rozš. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Biologická fakulta, 2007 dotisk. ISBN 80-7040-747-6.
- [23] POKORNÝ, E., ŠARAPATKA, B., HEJÁTKOVÁ, K.: *Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku*: Metodická pomůcka. Vyd. 1. Náměšť nad Oslavou: ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, 2007. ISBN 978-80-903548-5-2.
- [24] PRAX, A., JANDÁK, J., POKORNÝ, E.: *Půdoznalství*. Vyd. 1. v Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1999, 153 s. ISBN 80-7157-145-8.
- [25] HŮLA, J., PROCHÁZKOVÁ, B.: *Minimalizace zpracování půdy*. Vyd. 1. Praha: Profi Press, 2008, 248 s. ISBN 978-80-86726-28-1.
- [26] VLČEK, V.: *Kvalita a zdraví půdy*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova univerzita, 2015. ISBN 978-80-7509-215-1.
- [27] FULAJTÁR, E., BIČÍK, J. CIBULKA.: *Fyzikálne vlastnosti pôdy*. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznavectva a ochrany pôdy, 2006. ISBN 80-89128-20-3.
- [28] HŮLA, J., ABRHAM, Z., BAUER, F.: *Zpracování půdy*. Vyd. 1. Praha: Brázda, 1997, 140 s. ISBN 80-209-0265-1.
- [29] HORÁČEK, J., LEDVINA, R., KOUBALÍKOVÁ, J.: *Geologie a půdoznalství: Cvičení pro 1. ročník studia*: [Určeno pro posl. zem. fak.]. Vyd. 1. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1994, 110 s., příl. ISBN 80-7040-106-0.

[30] Dr. LEHMANN, J.: *Biouhel*. Svědectví Dr. Johannese Lehmana z Cornellovy university, Ithaca, NY, Usa [online]. 2009-06-18 [cit. 2018-01-18]. Dostupné na http://amper.ped.muni.cz/gw/uhel/Lehmann_cz.pdf

[31] Hans – Peter Schmidt: 55 Anwendungen von Pflanzenkohle. Ithaka [online]. 2012-12-29 [cit. 2018-03-05]. Dostupné na: <http://ithaka-journal.net/druckversionen/162012-pflanzenkohle-anwendungen.pdf>

[32] Firemní literatura společnosti PRP Technologies.

[33] PETRTÝL, I.: Z'fix – řešení pro klidnou zimu. *Náš chov*. Profi press, 2014, 2014 (11).

[34] HŘIVNA, L.: *Vliv hnojiv PRP SOL a PRP EBV na výnos a kvalitu sladovnického ječmene*. In Sborník z konference „Sladovnický ječmen – přiměřená ekonomika, vysoký výnos a kvalita zrna“, 8. – 11. 2. 2010, 49-50 s.

[35] MIKULA, P.: *Organická hmota v půdě: (studijní zpráva)*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1998, 46 s. Studijní informace. ISBN 80-86153-22-3.

[36] VEGRICH, J., AMBROŽ, P., FABIÁNOVÁ, M., MILÁČEK, P., ŠIMON, J., KLÍR, J. (2010): *Využití statkových hnojiv v rostlinné výrobě*. Chov. Leden 2010, 50, 1, 31 – 33 s.

[37] *Zemědělská společnost ZEPO Bělehrad* [online]. [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: <http://www.zepo-belohrad.cz>

[38] BLAHA, J.: *Vliv aplikace přípravků pro zlepšení vitální funkce půdy na vybrané půdní vlastnosti*. Praha, 2016. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Vedoucí práce O. Šařec.

Seznam obrázků

Obr. 1 - Odběr vzorků na poli

Obr. 2 - Sada válečků pro měření vzorků půdy

Obr. 3 - Měření tahového odporu

- Obr. 4 - Rozměry penetračních kuželů podle ASAE
- Obr. 5 - Penetrometr
- Obr. 6 - Měření infiltrace půdy pomocí ocelových válečků
- Obr. 7 - Faktory ovlivňující půdu
- Obr. 8 - Vývoj orné půdy v ČR
- Obr. 9 - Degradace půdy erozí
- Obr. 10 - Kontaminace půdy
- Obr. 11 - Schematizované profily hlavních půdních typů v ČR
- Obr. 12 - Uspořádání půdních druhů
- Obr. 13 - Trojúhelníkový diagram zrnitostních tříd
- Obr. 14 - Munsellovy tabulky
- Obr. 15 - Závislost vlhkosti na zpracování půdy
- Obr. 16 - Biouhel
- Obr. 17 - Vlastnosti PRP SOL

Seznam tabulek

- Tab. 1 - Aplikace hnojiva na jednotlivé varianty
- Tab. 2 - Druhy půd a jejich orební odpory
- Tab. 3 - Koeficienty energetické náročnosti
- Tab. 4 - Problémy řešitelné přípravkem Z'fix
- Tab. 5 - Dávkování pomocí přípravku PRP SOL

Tab. 6 - Procentuální porovnání tahového odporu oproti kontrole

Tab. 7 - Procentuální porovnání penetračního odporu oproti kontrole

Seznam grafů

Graf 1 – Průměrné měsíční teploty v Královéhradeckém kraji pro rok 2016 a 2017

Graf 2 – Průměrné územní srážky v Královéhradeckém kraji pro rok 2016 a 2017

Graf 3 - Měření objemové hmotnosti (OH) a redukované objemové hmotnosti (ROH) v roce 2016

Graf 4 - Měření objemové hmotnosti (OH) a redukované objemové hmotnosti (ROH) v roce 2017

Graf 5 - Měření penetračního odporu pro variantu č. 1

Graf 6 - Měření penetračního odporu pro variantu č. 2

Graf 7 - Měření penetračního odporu pro variantu č. 3

Graf 8 - Měření penetračního odporu pro variantu č. 4

Graf 9 - Měření penetračního odporu pro variantu č. 5

Graf 10 - Měření penetračního odporu pro variantu č. 6

Graf 11 - Měření penetračního odporu v hloubce 4 cm

Graf 12 - Měření penetračního odporu v hloubce 8 cm

Graf 13 - Měření penetračního odporu v hloubce 12 cm

Graf 14 - Měření penetračního odporu v hloubce 16 cm

Graf 15 - Měření penetračního odporu v hloubce 20 cm

Graf 16 - Měření penetračního odporu v hloubce 24 cm

Graf 17 - Měření penetračního odporu v hloubce 28 cm

Graf 18 - Tahový odpor v letech 2016/17

Graf 19 - Závislost hydraulické vodivosti