

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

BRNO 2017

Bc. Tomáš Daněk

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



**Hodnocení utuženosti půdy v kolejových řádcích za použití
minimalizačních technologií**
Diplomová práce

Vedoucí práce:
Dr. Ing. Vítězslav Hybler

Vypracoval:
Bc. Tomáš Daněk

Brno 2017

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Hodnocení utuženosti půdy v kolejových řádcích za použití minimalizačních technologií vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne: 27. 4. 2017

.....
podpis

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce Dr. Ing. Vítězslavu Hyblerovi za ochotu při metodickém vedení práce a dále za jeho užitečné rady při sepisování této závěrečné práce. Dále bych chtěl poděkovat paní laborantce Ivoně Bundálkové za pomoc při zpracování vzorků. Na závěr bych rád poděkoval vedení Zemědělské společnosti Drnovice a.s. za umožnění výzkumu na jejích pozemcích.

Abstrakt

Tato práce popisuje a kvantifikuje rozdíly půdních fyzikálních vlastností v kolejových řádcích v pšenici ozimé a řepce ozimé. Obě plodiny byly pěstovány na sousedních pozemcích, které mají shodnou BPEJ. Odběr probíhal jednou během vegetace a podruhé těsně po sklizni u řepky a těsně před sklizní u pšenice. V každém termínu odběru byly odebírány vzorky ve 3 opakováních u každého pozemku. Vzorky se odebíraly v koleji, v prostoru mezi kolejemi a kontrola byla mezi jednotlivými jízdami. U obou plodin se používá ke zpracování půdy před setím minimalizace. Rozdíly jsou očekávány jak v rámci jednoho pozemku se stejnou plodinou, tak i rozdíly mezi plodinami. Díky odlišné agrotechnice řepky a pšenice, kde je do řepky více vjezdů mechanizací, očekáváme větší utužení v kolejových řádcích řepky.

Klíčová slova: Minimalizace, půda, utužení, kolejové řádky, řepka, pšenice

Abstract

This paper describes and quantifies the differences soil physical properties in rail lines in winter wheat and winter rape. Both crops were grown on adjacent land, which have the same BPEJ. Sampling was conducted once during the growing season and the second time just after the harvest of rape, and just before harvest wheat. In each term sampling, samples were taken at 3 repetitions for each plot. Samples were taken in the track in the space between the rails and the control was between sessions. Both crops are used to process the soil before sowing minimization. The differences are expected to land in one of the same crop, as well as differences between crops. Due to different agrotechnics rape and wheat, where the entrances to rape more mechanization, we expect more consolidation in the tramlines rape.

Keywords: Minimizing tillage, soil, compaction, tramlines, rape, wheat

Obsah

1 ÚVOD.....	8
2 CÍL.....	9
3 LITERÁRNÍ PŘEHLED	10
3.1 Půda	10
3.1.1 Fyzikální charakteristiky půdy	10
3.1.2 Zrnitostní složení půd.....	11
3.1.3 Půdní pórovitost	11
3.1.4 Měrná a objemová hmotnost půdy	13
3.1.5 Struktura tuhé fáze půdy	14
3.1.6 Kapalná fáze půdy	16
3.1.7 Plynná fáze půdy	18
3.2 Degradace půdy	19
3.2.1 Vodní eroze	19
3.2.2 Větrná eroze	20
3.2.3 Utužení půdy	20
3.2.4 Ztráta půdní organické hmoty	22
3.3 Zemědělský půdní fond v ČR 2016	23
3.4 Sklizené plochy 2016.....	23
3.6 Minimalizace zpracování půdy	25
3.6.1 Důvody rozvoje minimalizačních technologií v ČR.....	25
3.6.2 Rozdělení minimalizačních technologií	25
3.6.3 Obecná pěstební technologie pěstování pšenice ozimé při využití minimalizace ...	26
3.6.4 Obecná pěstební technologie pěstování řepky ozimé při využití minimalizace	27
3.7 Systém CTF	28
4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	30
4.1 Popis podniku	30
4.2 BPEJ 3.01.00.....	30
3.01.00	31
4.4 Kolejové řádky.....	32
4.5 Pěstební technologie pšenice ozimé.....	34
4.6 Pěstební technologie řepky ozimé	35

4.7 Mechanizační prostředky	36
4.8 Odběr vzorků	36
4.9 Mapa odběrů	37
4.10 Metody zpracování vzorků	39
4.10.1 Základní rozbor porušeného půdního vzorku.....	39
4.10.2 Základní rozbor neporušeného půdního vzorku.....	41
5 VÝSLEDKY	42
5.1 Výsledky zrnitostního rozboru.....	42
5.1.1 Odběr 7. 4. 2016.....	42
5.1.2 Odběr 21. 7. 2016.....	43
5.1.2 pH.....	45
5.1.3 Obsah humusu	45
5.2 Výsledky rozboru neporušeného vzorku	46
5.2.1 Objemová hmotnost redukována.....	46
5.2.2 Pórovitost	47
5.2.3 Kapilární póry	47
5.2.4 Semikapilární póry	48
5.2.5 Nekapilární póry.....	48
5.2.6 Plná vodní kapacita	49
5.2.7 Maximální kapilární vodní kapacita.....	49
5.2.8 Minimální vzdušná kapacita.....	50
5.2.9 Provdzdušněnost.....	50
6 DISKUZE A ZÁVĚR.....	51
7 POUŽITÁ LITERATURA	54
8 SEZNAM PŘÍLOH	57
9 PŘÍLOHY	59

1 ÚVOD

Půda je hlavním výrobním faktorem v zemědělství. Každý, kdo na půdě hospodář, by se o ni měl starat tak, aby si půda zachovávala svou úrodnost, kvalitu a zdraví. Utužené půdy začínají být v posledních letech problémem nejednoho zemědělského podniku. S nástupem velké mechanizace ke zvýšení produktivity práce se po pozemcích pohybují soupravy vážící i 50 tun. To se i přes snahy o snížení měrného tlaku na půdu podepisuje na její utuženosti.

V České republice bylo v roce 2016 2 965 606 ha orné půdy a z této výměry se pěstovala ozimá pšenice na 809 111 ha a ozimá řepka na 392 991 ha. (ČSÚ) V mnoha pramenech se dočteme, že obiloviny jsou zhoršující plodinou kvůli půdním vlastnostem. Naopak u olejnin, jako je například řepka, je často napsáno, že mají zlepšující vliv na půdu. Intenzivní pěstování olejnin vede ale k častějším zásahům proti škodlivým činitelům, a proto se stává, že vjezd mechanizací je prováděn i za nepříznivých půdních podmínek. Tím je myšleno hlavně vlhko. Proto dochází k většímu utužení půdy v kolejových řádcích než při vhodných podmínkách. U obilovin je vstupů mechanizací na pozemek méně.

Kolejové řádky slouží jako jednoduchá navigace pro mechanizační prostředky. Při každém agrotechnickém zásahu během vegetace se v kolejových řádcích pohybuje většinou postřikovač nebo rozmetadlo minerálních hnojiv. Každý přejezd po stejném místě půdu více utužuje. V zemědělských podnicích je záběr postřikovače a rozmetadla shodný, aby se soupravy mohly pohybovat ve stejných kolejích a nevytvářely další koleje.

Problematiku utužení půdy v kolejových řádcích se snaží vyřešit systém CTF (controlled traffic farming). To je systém, při kterém se musí sjednotit rozchody všech mechanizačních prostředků v podniku a záběry jednotlivých strojů musí být stejné nebo být násobky nejmenšího stroje. Navigace pak probíhá podle přesné GPS s RTK pro opakovatelnost v delším čase. Stroje se pak pohybují jen ve stejných kolejích s přesností na centimetry. Po ukončení vegetace se kolejové řádky nakypří hloubkovým kypřičem. Tato technologie je náročná hlavně na pořízení mechanizace a systému přesného navádění. Úsporu ale přináší v přesné aplikaci pesticidů a hnojiv, méně utužené půdě a méně přejezdy mimo koleje, např. při odvozu sklizeného produktu z pole.

2 CÍL

Cílem práce je porovnání utužení půdy v kolejových řádcích při základním zpracování půdy minimalizací. Pro porovnání byly vybrány 2 sousedící pozemky s řepkou a pšenicí. Porovnávat se budou jak pozemky mezi sebou, tak i jednotlivé části pozemku. V rámci pozemku se bude porovnávat utuženost půdy v koleji a utuženost půdy v porostu. Z odebraných vzorků se laboratorně určí několik parametrů, které se mezi sebou porovnají a vyhodnotí se vliv pěstování pšenice a řepky na půdu.

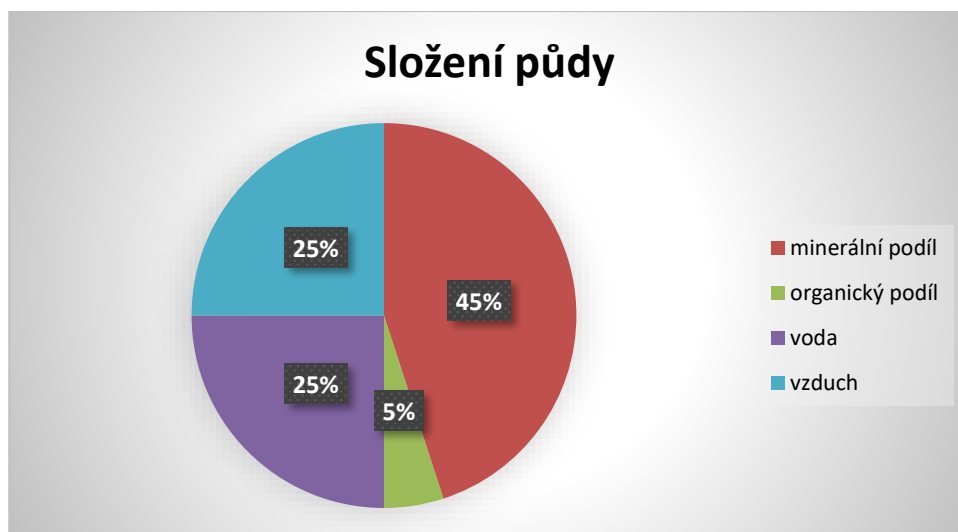
3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Půda

Půdu můžeme definovat jako samostatný přírodní útvar vzniklý z povrchových zvětralin zemské kůry a z organických zbytků za působení půdotvorných faktorů. Je životním prostředím půdních organismů, stanovištěm planě rostoucí vegetace, slouží k pěstování kulturních rostlin. Je regulátorem koloběhu látek, může fungovat jako úložiště, ale i zdroj potenciálně rizikových látek. Půda je dynamický, stále se vyvíjející živý systém. Přežití a prosperita všech suchozemských biologických společenstev, přirozených i umělých, závisí na tenké vrchní vrstvě Země. Půda je proto bezesporu nejcennější přírodní bohatství. Je přirozenou součástí národního bohatství každého státu. Půdu je proto nutné chránit nejen pro současnou dobu, ale se značným výhledem do budoucna. Nárůst lidské populace a sílící tlak na přírodní zdroje potvrzují význam strategie udržitelného rozvoje. Mezi dominantní prvky této strategie patří ochrana půdního fondu. (MŽP)

3.1.1 Fyzikální charakteristiky půdy

Fyzikální charakteristiky půdy představují soubor vlastností, které jsou podmíněné vzájemnými vztahy mezi pevnou, kapalnou a plynnou fází půdy. Tyto charakteristiky dělíme na základní fyzikální vlastnosti (zrnitost půd, měrná a objemová hmotnost půdy, pórovitost a struktura půdy), dále na hydrofyzikální a aerační vlastnosti (vlhkost, vodní kapacita, propustnost, vzlínavost, vzdušná kapacita), teplotní vlastnosti (tepelná a teplotní vodivost, teplota) a fyzikálně mechanické vlastnosti (soudržnost, přilnavost, konzistence, uléhavost, hutnost). (Šarapatka, 2014)



Obrázek 1 Zastoupení jednotlivých frakcí v půdě (Prax, 2010)

3.1.2 Zrnitostní složení půd

Zrnitostním složením půdy chápeme poměrné zastoupení jednotlivých velikostních půdních částic. Zrnitost půd ovlivňuje téměř všechny půdní vlastnosti, zejména poměr vody a vzduchu, obsah a složení edafonu, fyzikálně chemické a biochemické procesy. Zrnitost zásadním způsobem ovlivňuje fyzikální vlastnosti zemin a v praxi ji můžeme měnit jen obtížně. Používají se různé klasifikace zrnitosti. Po laboratorním rozboru je možné půdu přesně zařadit do skupiny zrnitosti podle poměru jednotlivých frakcí. V terénu se zrnitost odhaduje makroskopickou prstovou zkouškou a k vyjádření se používá Novákova klasifikační stupnice zrnitosti. (Hraško, 1962)

Obsah částic (zrn) <0,01mm [%]	Označení půdního druhu	Skupinové označení
0–10	písčítá zemina (P)	lehká
10–20	hlinitopísčítá zemina (HP)	
20–30	písčítóhlinitá zemina (PH)	středně těžká
30–45	hlinitá zemina (H)	
45–60	jílovitohlinitá zemina (JH)	těžká
60–75	jílovitá (JV)	
nad 75	jíl (J)	

Tabulka 1 Klasifikační stupnice zrnitosti (Novák, 1953)

3.1.3 Půdní pórovitost

V části objemu se nacházejí prostory nezaplněné tuhou fází. Tyto prostory nazýváme půdní póry, jsou většinou rozdílného tvaru a velikosti a jsou různým způsobem propojeny. Pro zjednodušení volíme předpoklad, že jsou válcového tvaru a charakterizujeme je jejich průměrem. (Šarapatka, 2014)

Celková pórovitost zemědělských půd se ve svrchních vrstvách pohybuje většinou v rozmezí 40-50 %. U půd silně humózních a rašelinných může dosahovat více jak 70-80 %. V spodních vrstvách klesá na 30-40 %, u půd zamokřených (glejových) i pod 30 %. Při teoretickém odvození pórovitosti z modelů s kulovitými částicemi stejné velikosti, podle jejichž uspořádání buď nejtěsnějšího (hexagonálního) nebo nejvolnějšího (kubického) činí vypočtená pórovitost 25,95, resp. 47,46 %. Charakter pórovitosti záleží na struktuře půdy. U

nestrukturních půd s volným uložením částic (především písčitých) jsou póry, většinou větších rozměrů, mezi jednotlivými zrny. U strukturních půd tvořených půdními agregáty (spojením elementárních částic), jsou póry jednak mezi těmito agregáty – póry meziagregátové (Pma), a jednak uvnitř agregátů póry vnitroagregátové (Pva). Celková pórovitost je dána součtem jejich objemů $P = Pma + Pva$. Nejpriznivější poměry jsou v půdě, je-li celková pórovitost rozdělena asi z 1/3 na póry meziagregátové a ze 2/3 na vnitroagregátové. (Prax, 2010)

Pro funkci pórů je významná jejich velikost. Třídění pórů podle velikosti není snadné, poněvadž jejich průměr nelze přímo měřit. Třídí se proto zpravidla podle druhu a velikosti sil, které působí na vodu v nich obsaženou. Půdní póry lze přirovnat k nepravidelným kapilárám s proměnlivým průměrem. Jejich „ekvivalentní průměr“ odpovídá průměru válcovité kapiláry, ze které lze odsát vodu stejným podtlakem. (Šarapatka, 2014)

Póry	Ekvivalentní průměr v [μm]	[pF]
hrubé, široké	> 50	0-1,77
hrubé, úzké	50-10	1,77-2,54
střední	10-0,2	2,54-4,20
jemné	< 0,2	> 4,20

Tabulka 2 Rozdělení pórů podle velikosti a sacího napětí vody (Prax, 2010)

Jemné kapilární póry jsou ty, v nichž voda je ovládána kapilárními silami, které vodu zadržují a umožňují její pohyb proti působení gravitace. Pohyb vzduchu je v nich omezený. V těchto pórech probíhají chemické, fyzikálněchemické a biologické pochody. Hrubé (nekapilární) póry charakterizuje neomezené působení gravitace na vodu, která se v nich volně pohybuje do spodiny a na její místo se dostává volně vzduch. Významně se podílejí na vzájemné výměně plynné fáze mezi půdou a ovzduším. (Šarapatka, 2014)

Plodiny	Optimální poměr pórů	
	kapilárních	nekapilárních
	[%] celkové pórovitosti	
Obiloviny	60-70	30-40

Tabulka 3 Optimální poměry pórů u obilovin (Pokorný, 2007)

Střední (semikapilární) póry jsou jak po stránce energetické ve vztahu k poutání vody, tak z hlediska významu v půdě přechodem mezi póry kapilárními a nekapilárními. Zastoupení

kapilárních a nekapilárních pórů v celkové pórovitosti se promítá do vodních a vzdušných poměrů v půdě, které jsou pro rostliny stejně důležité. Různým plodinám vyhovuje jako optimální různý poměr kapilárních a nekapilárních pórů. (Šarapatka, 2014)

Póry umožňují v půdě proudění vody a vzduchu. Probíhají v nich látkové přeměny a výměnné reakce mezi mikroorganismy a kořínky rostlin. V kapilárních pórech (s průměrem menším než 0,2 mm) může voda proudit proti působení gravitace, v nekapilárních (s průměrem větším než 0,2 mm) se voda pohybuje vlivem přitažlivosti do spodních vrstev půdy a na její místo se dostává vzduch. Celková pórovitost zemědělských půd se v ornici pohybuje většinou v rozmezí 40-50 %, v podorniči 30-40 %. Umožňuje objektivně vyhodnotit kyprost či ulehlost půdy. Pórovitost může pěstitel významně ovlivnit zpracováním půdy (orbou, vláčením, kypřením, válením apod.). (Prax, 2010)

3.1.4 Měrná a objemová hmotnost půdy

Měrná hmotnost (hustota) půdy ρ_s je hmotnost jednotkového objemu pevné fáze půdy bez pórů, tj. za předpokladu, že pevné částice dokonale vyplňují daný prostor. Definujeme ji také jako poměrné číslo, které udává, kolikrát je určité množství zeminy vysušené při 105 °C těžší než stejný objem vody při 4 °C. Měrná hmotnost závisí na obsahu různých minerálů a organických látek (humusu), poněvadž tyto složky mají různou měrnou hmotnost. Nejvíce zastoupeným nerostem v minerálním podílu většiny půd je křemen. Průměrná měrná hmotnost půdy je proto blízká jeho měrné hmotnosti, tj. 2,65 g.cm⁻³. Tuto hodnotu snižuje větší obsah humusu, naopak zvyšuje obsah těžkých minerálů. Hodnotu měrné hmotnosti půdy potřebujeme k výpočtu půdní pórovitosti. Zjišťujeme ji pomocí pyknometru. (Šarapatka, 2014)

Objemová (volumová) hmotnost půdy je hmotnost objemové jednotky půdy v neporušeném stavu, tj. s póry vyplněnými momentním obsahem vody a vzduchu. Její hodnota je závislá na měrné hmotnosti, na podílu pórů v půdě a míře jejich zaplnění vodou. Je to hodnota nestálá, která se mění během roku v závislosti na vlhkostních poměrech v půdě. Je nutno rozlišovat objemovou hmotnost suché půdy ρ_d a objemovou hmotnost vlhké půdy ρ_w . (Pokorný, 2007)

Objemová hmotnost minerálních půd kolísá mezi 0,8-1,8 g.cm⁻³, u organických půd většinou mezi 0,2-0,3 g.cm⁻³ (Prax, 2010).

Objemová hmotnost suché půdy ρ_d (objemová hmotnost redukována) je hmotnost jednotkového objemu vysušené půdy: $\rho_d = m_z / V_S$ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$; $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) Je to hodnota stálější a pohybuje se ve svrchních půdních vrstvách nejčastěji v rozmezí 1,2-1,5 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ v závislosti na měrné hmotnosti a celkovém objemu pórů v dané půdě. Do spodiny tato hodnota vzrůstá zhruba na 1,6-1,8 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$. (Prax, 2010)

Objemová hmotnost suché půdy indikuje kyprost nebo ulehlost půdy a je potřebná pro výpočet pórovitosti. Používá se také při přepočtu obsahu různých látek v půdě na množství v jednotkách hmotnosti. (Šarapatka, 2014)

Objemová hmotnost redukována obvykle stoupá směrem od ornice do spodiny půdního profilu. Jestliže tuto gradaci nenacházíme, můžeme usuzovat na nadměrnou zhutnělost orničního horizontu nebo malou ulehlost horizontů spodin. (Prax, 2010)

Půdní druh	J	JV, JH	H	PH	HP	P
ρ_d kritické [g/cm^3]	>1,35	>1,40	>1,45	>1,55	>1,60	>1,70

Tabulka 4 Kritické hodnoty objemové hmotnosti redukováne ρ_d vyjadřující škodlivé hutnění (Lhotský, 1984)

Objemová hmotnost vlhké půdy (objemová hmotnost neredukovaná) je závislá na půdní vlhkosti a nemůže být tedy konstantní hodnotou: $\rho_w = m_s / V_S$ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$; $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) Mění se v průběhu roku podobně jako pórovitost v důsledku bobtnání a smršťování půdy při změnách vlhkosti, mrazem, obráběním, rozvojem kořenového systému, apod. Má tendenci narůstat směrem do hloubky půdního profilu. (Šarapatka, 2014)

Strukturní stav humusového horizontu	Objemová hmotnost suché půdy [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	Pórovitost [%]
Výborný	< 1,2	> 54
Dobry	1,2-1,4	46-54
Nevyhovující	1,4-1,6	39-46
Nestrukturní	1,6-1,8	31-39

Tabulka 5 Hodnocení strukturního stavu horizontu středně těžkých a těžkých půd (Kutílek, 1978)

3.1.5 Struktura tuhé fáze půdy

K fyzikálním vlastnostem půd náleží také půdní struktura, pod kterou rozumíme vzájemné prostorové uspořádání agregátů v půdě. Je podmíněna schopností spojovat

(agregovat) částice tuhé fáze nebo desagregovat větší celky půdní hmoty a vytvářet tak strukturní agregáty. Za tohoto stavu se půdní hmota rozpadá samovolně nebo vnějším tlakem na agregáty různé velikosti, tvaru a stability. Podle velikosti se rozlišuje mikrostruktura (agregáty menší než 0,25 mm), makrostruktura (0,25 až 50 mm) a megastruktura (hroudy větší než 50 mm). Podle tvaru a velikosti agregátů lze strukturu dělit na agregáty rovnoměrně vyvinuté ve směru tří os vytvářející strukturu kulovitou se zaoblenými hranami (a polyedrickou (ostrohranné agregáty v těsném uspořádání). Agregáty vertikálně protažené tvoří strukturu hranolovitou (bez zaoblení) prizmatickou (se zaoblením svrchní části) sloupkovitou strukturu. Agregáty vodorovně protažené (zploštělé) tvoří strukturu deskovitou (až lístkovitou). V tvorbě struktury se uplatňují síly molekulární, adhezní a meniskové, tmelivé účinky sesquioxidů a jílových minerálů, organických koloidů a organominerálních gelů. Agronomicky je významná také stabilita půdních agregátů (odolnost proti rozplavování vodou nebo mechanickým tlakům), která se zvyšuje v přítomnosti dostatku kvalitních organických látek, vápníku a příznivého zrnitostního složení. Nejvýznamnějším rušivým činitelem půdní struktury je dešťová voda a půdní roztok. Dešťové kapky mohou v povrchové vrstvě mechanicky rozbít agregáty, při nadměrném ovlhčování půd může docházet k rozplavování agregátů, vyplavování koloidů a vyluhování iontů Ca^{2+} . Nevhodné obdělávání půdy, časté pojíždění těžkých mechanismů, peptizační účinky průmyslových hnojiv rovněž narušují půdní strukturu. Dobrá struktura půdy se stabilními drobtovými agregáty (o průměru 5-10 mm) je podstatným znakem tzv. zralosti půdy, představující optimální stav fyzikálních, a tím také biologických vlastností půdy. Strukturní ornice je celkově kyprá, snadno obdělávatelná, s vyrovnaným poměrem kapilárních a gravitačních pórů, s dobrým zasakováním srážkové vody, s malým neproduktivním výparem. Strukturní ornice vykazují přiměřenou a vyrovnanou biologickou aktivitu s rovnováhou mezi humifikací a mineralizací, s převahou ornice, s vyrovnaným vodním, vzdušným, tepelným a živinným režimem. Ornice se slitým prostorovým uspořádáním jsou ulehlé, těžko obdělávatelné, mají převahu kapilárních pórů se špatným zasakováním srážkové vody a silným povrchovým odtokem. Půdy jsou málo provzdušněny a velká vzlínavost způsobuje vysoké ztráty vody z povrchu půdy. Tyto půdy vykazují omezenou biologickou aktivitu při převaze anaerobiózy, což podmiňuje redukční pochody a vznik toxických látek. Nepříznivý je také vodní, vzdušný a tepelný režim (studené půdy), a v důsledku toho také kolísavé výnosy plodin. K vytváření a obnově půdní struktury může přispět kyprění a drobení půdy při vhodné vlhkosti, vápnění, vhodné oseední postupy s využitím pícnin na orné půdě, hnojení kvalitními organickými hnojivy. (Prax, 2010)

3.1.6 Kapalná fáze půdy

Půdní roztok a půdní vlhkost

Voda v půdě s rozpuštěnými a dispergovanými látkami různého skupenství představuje kapalnou fázi půdy a označuje se jako půdní roztok. Složení půdního roztoku je značně proměnlivé podle kolísání půdní vlhkosti. Je dáno především podmínkami a faktory půdotvornými, zvětrávacími, interakcemi půdní vody s minerálním a organickým podílem půdy, s půdním edafonem a vegetací. Nejvýznamnější z nich jsou: (Šarapatka, 2014)

- rozpouštění minerálních a organických sloučenin.
- peptizace minerálních a organických koloidů.
- sorpce a desorpce látek, výměna iontů s pevnou fází půdy.
- výměna iontů a molekul s půdními mikroorganismy a s kořínky rostlin.

Voda se v půdě vyskytuje od prakticky zanedbatelného množství v suché půdě až po úplné zaplnění všech půdních pórů v mokré půdě, tj. při hodnotě plné vodní kapacity. Poměr množství vody k pevné fázi půdy je vyjádřen hodnotami hmotnostní nebo objemové vlhkosti. Zásoba vody (mm) ve vrstvě půdy o mocnosti 1 dm se číselně rovná objemové vlhkosti (% obj.) vrstvy. Srážka 1 mm představuje 1 mm vody na 1 m² povrchu půdy (tj. na 1 ha 10 m³) a po jejím zasáknutí do půdy se zvýší půdní vlhkost ve vrstvě 1 dm o 1 % obj. (Prax, 2010)

Půdní vlhkost je množství vody v půdě (vztaženo k suché hmotnosti). Hmotnostní vlhkost – charakterizuje ji podíl hmotnosti vody a hmotnost vysušeného vzorku půdy. Je vyjádřena v procentech hmotnostních. Objemová vlhkost – je vyjádřena podílem objemu vody k objemu neporušeného vzorku (% obj. (Hraško, 1962)

Půdní hydrolimity

Půdní hydrolimity je možné definovat jako hraniční hodnoty vlhkosti, jimiž jsou vzájemně odděleny jednotlivé kategorie vody v půdním prostředí. Hranice mezi kategoriemi nejsou ostré, ale přecházejí mezi sebou v určitém intervalu vlhkosti. Jako mezní hodnotu v rámci jednotlivých přechodových intervalů možno zvolit střed těchto intervalů. Půdní hydrolimity je možno rozdělit na základní a aplikované. K základním řadíme ty, které tvoří výrazné předěly mezi třemi základními silami ovládajícími pohyb vody v půdě, a to silami gravitačními, kapilárními a adsorpčními. Jsou to hydrolimity retenční vodní kapacita, lentokapilární bod a adsorpční vodní kapacita. (Prax, 2010)

Retenční vodní kapacita Θ_{RVK}

Leží na rozhraní energetické kategorie vody kapilární a gravitační. Je to maximální množství vody, které je půda schopna trvaleji zadržet vlastními silami v téměř rovnovážném stavu po nadměrném zavlažení. Je obvykle stanovována v laboratoři metodou dle Drbala. (Šarapatka, 2014)

Lentokapilární bod Θ_{LB}

Vyjadřuje stav půdní vlhkosti ležící na rozhraní energetických kategorií těžce pohyblivé a lehce pohyblivé kapilární vody. Dochází k přerušení souvislosti kapilární vody, vznikají prstence na styku půdních částic a voda zůstává v nejjemnějších kapilárách. Snižuje se podstatně pohyblivost půdní vody, a tím i přítok vody ke kořínkům rostlin. Vlhkost je zhruba v jedné třetině mezi polní kapacitou a bodem vadnutí. Pro stanovení tohoto hydrolimitu není zatím vypracována použitelná přímá metoda. (Prax, 2010)

Adsorpční vodní kapacita Θ_{AV}

Je množství vody poutané adsorpčními silami. Je to hydrolimit ležící na rozhraní kategorie sil adsorpčních a kapilárních. Přesná metoda pro stanovení není vypracována. (Šarapatka, 2014)

K aplikovaným půdním hydrolimitům patří:

Plná vodní kapacita (nasáklivost) Θ_S

Vlhkost půdy, kdy jsou všechny póry zaplněny vodou. Je to dočasná vlhkost bezprostředně po dešti. Prakticky ji můžeme považovat za rovnou půdní pórovitosti (Pokorný, 2007). K odlišnostem dochází v případech, kdy nastanou objemové změny v půdě, případně půdní vzduch uzavřený v pórech sníží hodnotu Θ_S . (Prax, 2010)

Maximální kapilární kapacita Θ_{MKK}

Stanovuje hodnotu maximálního nasycení půdních kapilárních pórů. U hlinitých půd by neměla přesáhnout 36 %, jinak je půda porušená a voda na takovém pozemku špatně vsakuje. Je to tedy maximální vlhkost, na kterou by měla být půda zavlažována, aniž by došlo ke ztrátám vody či zamokření. Jeho stanovení je dáno laboratorní metodou dle Nováka. Stav půdní vlhkosti při Θ_{MKK} se blíží hodnotám půdní vlhkosti při Θ_{RVK} . (Šarapatka, 2014)

Bod vadnutí Θ_{BV}

Je vlhkost půdy, kdy jsou rostliny trvale nedostatečně zásobeny půdní vodou a vadnou. (Šarapatka, 2014)

Provzdušenost

Vyjadřuje obsah vzduchu v půdě, který odpovídá momentnímu obsahu vzduchu při dané půdní vlhkosti, tedy objemu pórů vyplněných vzduchem. (Šarapatka, 2014)

Minimální vzdušná kapacita

Je rozdíl mezi pórovitostí a maximální kapilární kapacitou. Udává podíl nekapilárních pórů v půdě, které voda po zavlažení může brzy opustit. Hodnota 10 % je hodnotou průměrnou. Při nízké provzdušenosti se brzdí výměna vzduchu v půdě, a tím i rozvoj aerobních mikroorganismů. Příliš vysoká provzdušenost půdy znamená až přílišnou činnost těchto mikroorganismů a možnou mineralizaci humusu. Hodnota provzdušenosti se neustále mění s vlhkostí půdy. Poklesne-li vzdušná kapacita u orných půd pod 10 %, u lučních pod 5 %, označují se tyto půdy jako náchylné k zamokření, při trvalejším stavu jako zamokřené. (Prax, 2010)

3.1.7 Plynná fáze půdy

Vzduch v půdě tvoří plynnou fázi půdy významnou pro biologické i chemické pochody probíhající v půdě a je jednou z nezbytných podmínek života rostlin. Vyplňuje póry bez vody, proti atmosférickému vzduchu obsahuje zpravidla méně O_2 , více CO_2 a zvýšené množství vodních par. Činností edafonu a kořenů vegetace se spotřebovává kyslík při současné produkci CO_2 . Přesto, že mezi půdou a ovzduším probíhá neustálá výměna plynných složek v závislosti na gradientu parciálních tlaků CO_2 směrem z půdy a O_2 z ovzduší do půdy nedochází k plynulému vyrovnávání rozdílů. V konkrétních podmínkách se mohou uváděné průměrné hodnoty O_2 a CO_2 značně lišit od skutečných. Závisí to na intenzitě dýchání půdy a na možnosti difúze plynných složek mezi půdním a atmosférickým vzduchem. Vzdušné poměry v půdě závisí na její schopnosti přijímat, obsahovat a zadržovat vzduch, s pohyblivostí vzduchu v půdě a s výměnou vzduchu mezi půdou a atmosférou. Půdní vzduch (půdní plyn) je v podstatě atmosférickým vzduchem, který vnikl do půdy, kde se z části pozměnil. Od atmosférického vzduchu se liší především v obsahu kyslíku a oxidu uhličitého. Obsah oxidu uhličitého – CO_2 je v půdním vzduchu přibližně desetkrát vyšší než v atmosférickém vzduchu a pohybuje se v průměru od 0,2 do 0,7 %. Obsah 1 % se považuje za

toxický pro kořeny většiny rostlin. Zdrojem CO₂ je rozklad organických látek, dýchání mikroorganismů a kořenů rostlin v aerobních poměrech. CO₂ je důležitým činitelem při chemických a fyzikálně-chemických půdotvorných pochodech. Tvoří s vodou kyselinu uhličitou, která rozpouští minerální půdní sloučeniny, uvolňuje z nich živiny pro rostliny a ovlivňuje také půdní reakci. (Šarapatka, 2014)

plyn	atmosférický vzduch	půdní vzduch
dusík	78	78–80
kyslík	21	0,1 – 20
oxid uhličitý	0,03	0,1 – 15

Tabulka 6 Objemová procenta, (Šarapatka, 2014)

Obsah vzduchu v půdě je udáván provzdušeností půdy odpovídající momentnímu obsahu vzduchu při dané půdní vlhkosti, tedy objemu pórů vyplněných vzduchem. (Prax, 2010)

Vzdušná kapacita udává procentický podíl pórů zaplněných vzduchem při maximální kapilární vodní kapacitě. Pro zdárný rozvoj vegetace je nezbytné určité optimální rozmezí hodnoty vzdušné kapacity a také požadavek, aby provzdušenost neklesla na delší dobu pod určitou minimální hodnotu. Potřeba vzduchu v půdě je u různých kulturních plodin různá. (Prax, 2010)

3.2 Degradace půdy

Tento proces znehodnocování půdy má podle OECD několik hlavních příčin. Tyto příčiny jsou eroze, zhuňování půdy, úbytek organické hmoty, acidifikace, salinizace a kontaminace půdy. Dalším problémem jsou současné zábory půdy pro stavby, silnice a jiné využití. (Šarapatka, Bedrna, 2002)

3.2.1 Vodní eroze

Vodní eroze se podílí na degradaci půd tak, že je spalována svrchní vrstva půdy z vyšších míst do nížin. Tento proces je přirozenou součástí pedogeneze. Eroze může být urychlena nevhodnými zásahy člověka na zemědělské i nezemědělské půdě. Pro představu při smyvu 5 až 15 cm ornice se snižují výnosy o 15 až 30 %. Vodní eroze je ovlivněna kombinovaným účinkem následujících faktorů: klimatické a hydrologické, morfologické, geologické a půdní, vegetační a způsob obhospodařování půdy. Tyto faktory jsou využívány

k výpočtu ztráty půdy. K tomu slouží univerzální rovnice ztráty půdy $G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$, kde: (Šarapatka, Bedrna, 2002)

G je průměrná ztráta půdy za rok

R je faktor erozní účinnosti deště

K je faktor erodovatelnosti půdy

L je faktor délky svahu

S je faktor sklonu svahu

C je faktor ochranného vlivu vegetace

P je faktor účinnosti protierozních opatření

Pro posouzení erozního ohrožení pozemků nám poslouží porovnání vypočtených hodnot průměrné dlouhodobé ztráty půdy za rok se ztrátou přípustnou, která byla určena pro půdy mělké do 1 tuny na hektar a rok, středně hluboké do 4 tun na hektar a rok, a hluboké do 10 tun na hektar a rok. V ČR je erozně ohroženo asi 50 % zemědělského půdního fondu. Mezi protierozní opatření, které musí dodržovat zemědělci, je DZES 5. Ten vymezuje, jakým způsobem mají být prováděna protierozní opatření a jaké plodiny může zemědělec pěstovat na svazích. (Šarapatka, 2014)

3.2.2 Větrná eroze

Větrná eroze se vyskytuje v aridnějších oblastech s písčitymi až hlinitými půdami. V ČR se odhaduje, že je větrnou erozí ohroženo 10,4 % půdy, především na jižní Moravě. Důsledkem větrné eroze je opět pokles výnosu o 15 až 50 % podle množství erodované ornice. (VÚMOP, 2016)

3.2.3 Utužení půdy

Utužení půdy je problém, při kterém dochází ke změnám fyzikálních vlastností půd. Dochází ke zvýšení objemové hmotnosti půdy, změně rozložení pórů, schopnosti infiltrace a celkovému množství pórů. V ČR je ohroženo utužením asi 50 % zemědělské půdy. Utužení můžeme rozdělit na přirozené a antropogenně způsobené. Přirozené utužení tvoří asi jednu třetinu. To je vytvářeno v rámci půdotvorných procesů. V poslední době se projevuje antropogenní utužení půdy, které vzniká díky pojezdům mechanizačních prostředků na půdu. Uvádí se, že tlak vyšší než 80 kPa je škodlivý pro půdní prostředí, tlaky do 150 kPa poškozují

podorníci, nad tuto hranici poškozují ornici i podorníci. Nejméně odolné vůči utužení jsou těžké půdy s vysokým obsahem jílnatých částic. Optimální hodnoty objemové hmotnosti pro růst rostlin se pohybují od 1 do 1,4 g.cm⁻³. Jako limitní pro růst kořenů je uváděna objemová hmotnost 1,7 g.cm⁻³. (Šarapatka, 2014)

Faktory podílející se na utužení půd

zrnitost půdy, kdy slabou odolnost proti utužení mají půdy s vyšším podílem jílovité frakce, případně částic prachu. Silnou odolnost mají naopak písčité, štěrkovité a kamenité půdy.

půdní vláha, kdy provlhčení půdy snižuje kohezi, a tím je umožněn pohyb anebo poloha půdních zrn a agregátů. Proto se zvyšující se vlhkostí narůstá i možnost kompakce půdy,

množství a kvalita organických látek, kdy minerální půdy s nízkým obsahem humusu mají menší schopnost odolávat utužení ve srovnání s obsahem vyšším. Největší odolnost pak mají organické půdy – organozemě,

nevhodné osevnické postupy a špatná organizace půdního fondu.

Pokud shrneme předcházející faktory, pak nejvíce budou podléhat kompakci jílovité, zamokřené, kyselé půdy s nízkým obsahem humusu a se zhoršenou strukturou. Utužení nepříznivě ovlivňuje výnosy pěstovaných plodin, život v půdě, vodní poměry, obdělávání půdy a zvyšuje náklady. (Šarapatka, Bedrna, 2002)

Je prokázáno, že nadměrné utužení půdy redukuje rychlost růstu kořenů plodin, jejich prodlužování a prorůstání do spodních vrstev půdy (hloubka zakořenění) i tvorbu kořenového vlášení. V utužených půdách jsou nejvíce postiženy plodiny, které tvoří hospodářský výnos podzemními orgány – u cukrovky dochází k tzv. mrcasatění bulv, u brambor k deformaci hlíz apod. U plodin, které vytvářejí hlavní křovitý kořen (řepka olejka, sója, slunečnice aj.) se jeho růst omezuje tím, že neproniká zhuštěnou vrstvou v podorníci, roste horizontálně a deformuje se. To znamená, že nadměrné zhuštění půdy má za následek nižší příjem vody a živin v porovnání s normálně vyvinutým kořenovým systémem. Přípustné hodnoty objemové hmotnosti půdy pro některé plodiny uvádí tabulka níže. Z toho vyplývá, že vlivem zhuštění půdy v ornici i podorníci se výnosy plodin snižují v závislosti na stupni zhuštění a dalších faktorech (průběhu počasí, vlhkosti půdy, použité agrotechnice) a to v rozmezí u obilnin o 10-20 %, u kukuřice o 10-15 %, luskovin o 15-20 %, u brambor o 20-25 %, u cukrovky o 20-30 %. Utužení půdy nejenom snižuje výši výnosu, ale také nepříznivě ovlivňuje jakost produkce.

Tak např. u cukrové řepy se cukernatost bulev snížila v průměru o 15 %, olejnatost semen řepky olejky až o 8 %. (Javůrek, Vach, 2008)

Plodina	Objemová hmotnost půdy	
	přípustná	riziková
Pšenice ozimá	1,45-1,50	1,60
Žito ozimé	1,35-1,40	1,55
Ječmen jarní	1,35-1,45	1,50
Oves	1,50-1,55	1,60
Kukuřice	1,50-1,55	1,60
Luskoviny	1,15-1,20	1,30
Cukrovka	1,00-1,10	1,35
Brambory	1,00-1,15	1,25

Tabulka 7 Přípustná a riziková objemová hmotnost půdy pro některé plodiny u středně těžkých půd (Javůrek, Vach, 2008)

3.2.4 Ztráta půdní organické hmoty

Organická hmota má v půdě značný význam. Je zásobárnou energie a zdrojem živin, stabilizuje půdní strukturu, má vliv na retenci vody, kationtovou výměnnou kapacitu, pufrací schopnosti atd. Zejména v posledních desetiletích se v souvislosti s intenzivním zemědělstvím hovoří o ztrátě či změnách kvality půdní organické hmoty. Její obsah je nižší u obhospodařované půdy ve srovnání s přirozenou vegetací. Nejvýznamnějším zdrojem organické hmoty jsou primární producenti. Jejich čistá primární produkce se liší podle typu ekosystému. V přírodních podmínkách se vrací půdní organická hmota do půdy. Na druhé straně v intenzivně obhospodařovaných agroekosystémech velká část biomasy opouští systém, a navíc je agroekosystém vystaven zásahům člověka s následnou dekompozicí. (Šarapatka, 2014)

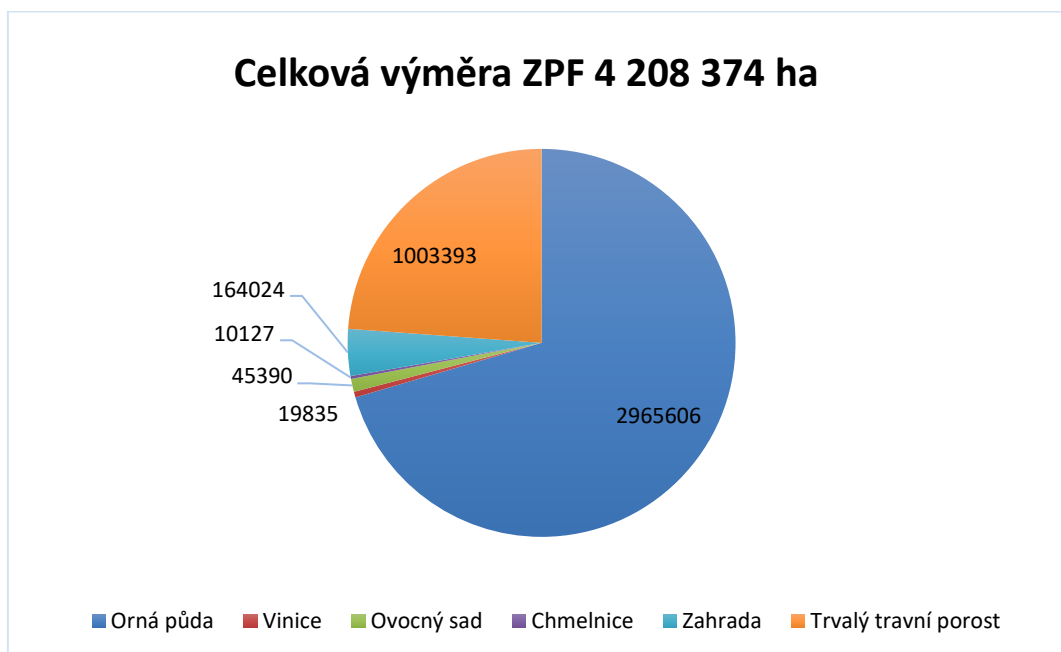
Humus je významnou složkou půdy, která má vliv na fyzikální, chemické i biologické vlastnosti v půdním prostředí. Je značným rezervoárem živin, které jsou zpřístupňovány činností mikroorganismů. Pro jeho obsah v půdě jsou nutné dostatečné vstupy organické hmoty, ale i její kvalita, kdy tato může být z pohledu rozkladu významnějším faktorem. Méně kvalitní organická hmota surového humusu nebo kyselých rašelin je v půdě rozkládána pomaleji, než je tomu u kvalitního humusu, např. černozemí. Pro mineralizaci a opačný proces imobilizaci je důležitý poměr C:N ve vstupních organických materiálech. (Prax, 2010)

Hlavní příčiny ztrát půdní organické hmoty (Šarapatka, Bedrna, 2002)

- Změna využití půdy (rozorání luk a pastvin)
- Zvýšená mineralizace po odvodnění půdy
- Vliv vodní i větrné eroze
- Nedostatečný vstup organické hmoty do půdy
- Nevhodná kultivace

3.3 Zemědělský půdní fond v ČR 2016

Z celkové výměry České republiky 7 887 041 ha v roce 2016 bylo v zemědělském půdním fondu celkem 4 208 374 ha. (Statistická ročenka 2017). Podíly jednotlivých kultur jsou vyznačeny v grafu.



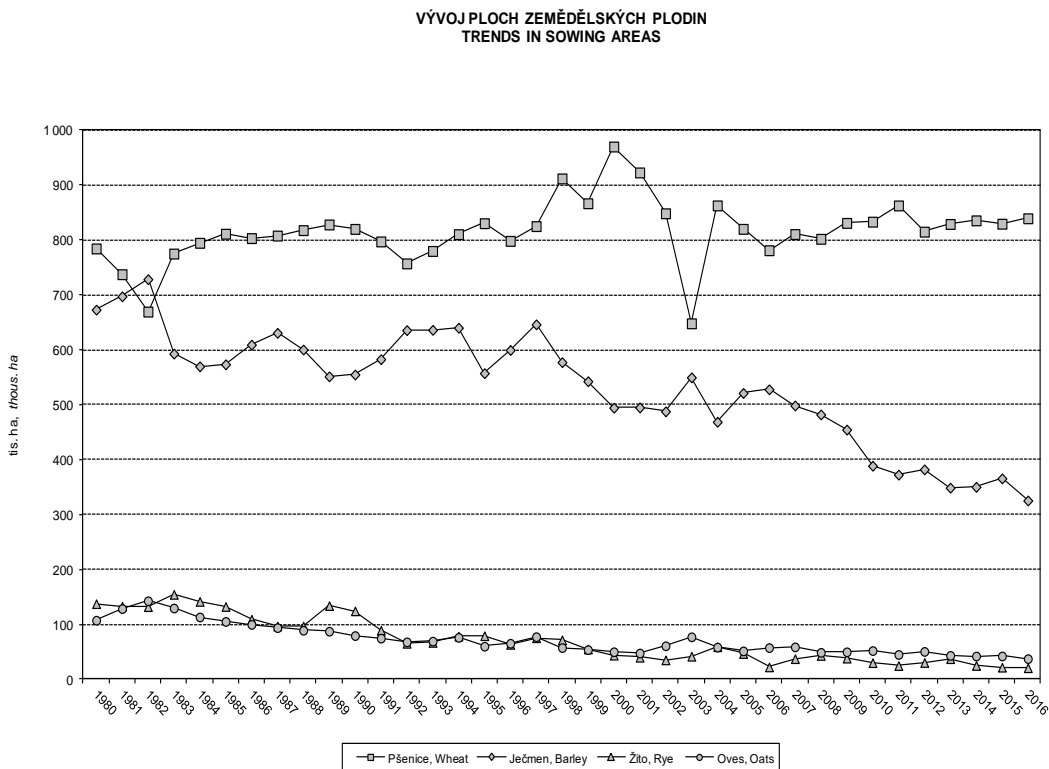
Obrázek 2 Plochy jednotlivých kultur v roce 2016

3.4 Sklizené plochy 2016

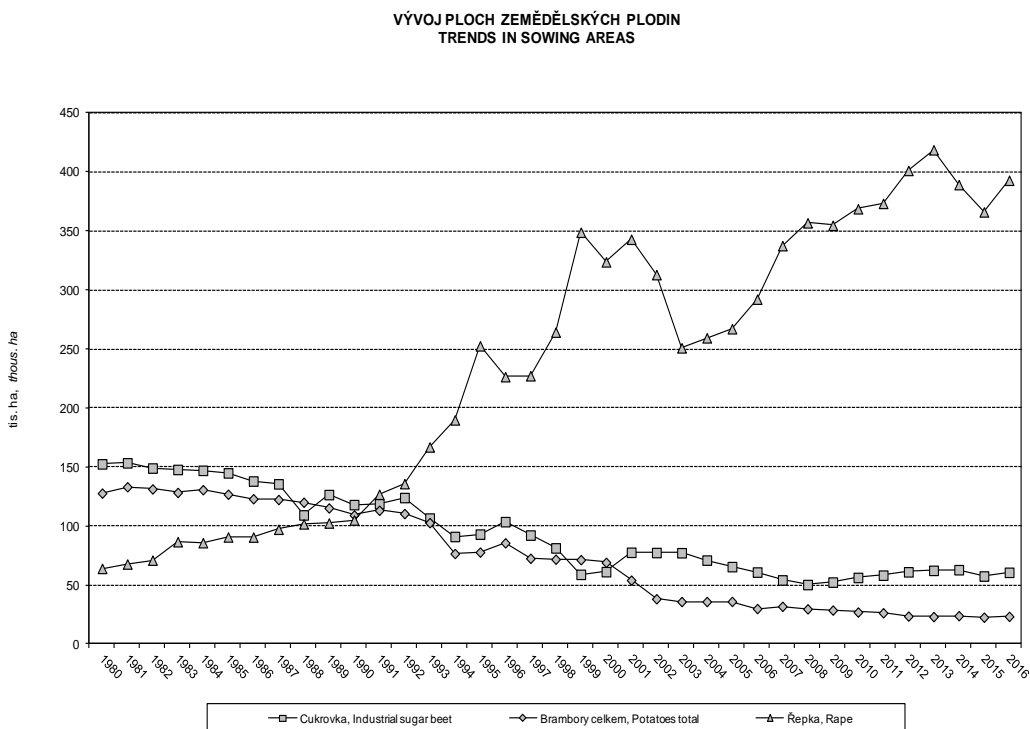
V současnosti je vidět stabilní vývoj ploch ozimé pšenice. V roce 2015 spadly ceny potravinářské pšenice řádově o tisíc korun na tunu. Přesto plochy pšenice zůstávají stabilní. Průměrný výnos z hektaru pšenice v ČR byl v roce 2016 6,57 tuny. V roce předchozím byl výnos 6,50 tuny. (ČSÚ, 2017)

U ozimé řepky je trendem zvyšování ploch. To je způsobeno vysokou rentabilitou pěstování řepky a poptávkou ze strany zpracovatelů. Z řepky se vyrábí především MEŘO, které se přidává do benzínu a nafty. Další využití je pro potravinářské účely, kde se

z řepkového semene lisuje stolní olej. Průměrný výnos z hektaru v roce 2016 byl 3,46 tuny.
(ČSÚ, 2017)



Obrázek 3 Vývoj ploch obilovin (ČSÚ, 2017)



Obrázek 4 Vývoj ploch olejnin a okopanin (ČSÚ, 2017)

3.6 Minimalizace zpracování půdy

Stejně jako jiné způsoby zpracování půdy se nedá pojem minimalizace jednoduše charakterizovat. Proto se v podmínkách ČR hovoří o třech kategoriích. Tou první je minimalizace s kypřením půdy do zvolené, zpravidla malé hloubky s případným jednorázovým prokypřením ornice do větší hloubky, ale bez obracení. Druhou kategorií je půdoochranné zpracování s ponecháním nejméně 30 % posklizňových zbytků na povrchu půdy. Třetí kategorií je přímé setí, tedy setí do nezpracované půdy, kde se používá k setí speciálních secích strojů. (Hůla, Procházková, 2008)

3.6.1 Důvody rozvoje minimalizačních technologií v ČR

Hlavní důvody jsou ekologické, ekonomické a technické. U ekologických je oceňován příznivý vliv těchto technologií na strukturní stav půdy, lepší hospodaření s půdní vodou, zvýšení vododržnosti půdy, omezení neproduktivního výparu, redukce vodní a větrné eroze a zlepšení stavu půdní organické hmoty. Ekonomické důvody jsou v úspoře práce a energie. S menším počtem pracovních operací a vyšší výkonností strojů se snižují nároky na organizaci práce a počty pracovníků v zemědělských podnicích. Technické důvody jsou ve vývoji strojů a jejich širokém sortimentu, kde si může každý podnik dle potřeby nakoupit stroje podle jeho podmínek a potřeb. (Hůla a kol., 2004)

3.6.2 Rozdělení minimalizačních technologií

Minimalizace s kypřením půdy do zvolené hloubky

Půda se zpravidla zpracovává na malou hloubku. Avšak je-li třeba ornici jednorázově prohloubit, použijeme hlubšího prokypření bez obracení. (Hůla, 2010)

Půdoochranné zpracování půdy

Při tomto způsobu zpracování půdy se ponechávají rostlinné zbytky předplodiny nebo meziplodiny (tato biomasa může dosahovat v suché hmotě hmotnosti nejméně 1,2 t. ha⁻¹) na 30 % povrchu půdy po zasetí. Podle autorů Hůla a Mayer (1999) pokrytí 20 až 30 % povrchu půdy rostlinnými zbytky v době setí snižuje působení vodní eroze na půdě o 50 až 90 % než na půdě bez rostlinných zbytků. (Hůla, Procházková, 2008)

Přímé setí

Nebo setí do nezpracované půdy je postupem zpracování půdy, kdy se po sklizni předplodiny neprovádí žádné zpracování půdy. Při setí do nezpracované půdy se využívá speciálních secích strojů s možností hnojení pod patu. (Hůla, 2010)

3.6.3 Obecná pěstební technologie pěstování pšenice ozimé při využití minimalizace

Při pěstování ozimé pšenice se základní zpracování půdy odvíjí od předplodiny, která na pozemku předchází pšenici. V experimentální části byla pšenice pěstována po hrachu, proto je zde uvedena obecná metodika pěstování.

Při pěstování ozimé pšenice po plodinách, které zanechávají strniště, je potřebné bezprostředně po sklizni provést podmínku s ošetřením. Po vzejití výdrolu a plevelů následuje buď mělké zpracování půdy, nebo regulace vzešlého výdrolu neselektivním herbicidem. Při pěstování ozimé pšenice na těžších půdách je vhodné provést po podmítce místo mělkého zpracování půdy kypření do hloubky 20 cm. (Hůla a kol., 2004)

Přímé setí ozimé pšenice do strniště po likvidaci vzešlého výdrolu a plevelů neselektivním herbicidem je potřeba považovat za krajní technologii. Uplatnění lze předpokládat u ozimé pšenice pěstované po luskovinách s dobrým strukturním stavem půdy. (Hůla, Procházková, 2008)

Použití minimalizačních technologií k ozimé pšenici při ponechání slámy obilovin na pozemku vyžaduje zvýšenou pozornost. Větší množství posklizňových zbytků rostlin a slámy obilovin ve vrchní vrstvě půdy může vytvářet problémy s kvalitou založení porostů i se zajištěním vhodných podmínek pro růst následné plodiny. Vlivem vyšší koncentrace posklizňových zbytků nejsou vytvořeny vhodné podmínky pro zajištění požadované rovnoměrnosti uložení semen do půdy. Dále se může projevovat inhibiční vliv posklizňových zbytků a slámy obilovin na klíčení, vzcházení a počáteční růst následné plodiny. Inhibice je většinou kombinací fyzikálního a biochemického vlivu. Zbytky rostlin snižují kontakt semen s půdou, a tím fyzikálně omezují přívod vody k semenům. Uvolňované látky z posklizňových zbytků i ty vznikající při mikrobiálním rozkladu mohou působit inhibičně na klíčení vzcházejících rostlin. S postupným mikrobiálním rozpadem organických látek jejich fytotoxicita slábne. (Hůla a kol., 2004)

Významným činitelem pro snižování inhibičních účinků posklizňových zbytků a slámy je dobrý průběh jejich mikrobiálního rozkladu v půdě. K tomu je možno účinně přispět tím, že zbytky rostlin budou kvalitně rozdrceny a rozprostřeny po půdě a zapraveny co nejdříve po sklizni. Při ponechání slámy je nezbytná úprava poměru C: N přihnojením nejlépe kapalným hnojivem obsahujícím dusík. (Hůla, Procházková, 2008)

3.6.4 Obecná pěstební technologie pěstování řepky ozimé při využití minimalizace

Využití minimalizačních technologií u ozimé řepky má určitá omezení související především s regulací výdrolu a ponecháním slámy obilnin na poli. Při pěstování ozimé řepky po obilninách s ponecháním slámy je vzhledem k velmi krátkému meziporostnímu období (agrotechnický termín setí do 25. 8.) a k celkově vyšším požadavkům řepky na kvalitu setí (drobná semena) potřeba kvalitního rozdrčení, rovnoměrného rozprostření slámy po pozemku, úpravy poměru C: N a podpory rozkladu organickými nebo minerálními hnojivy a okamžitému zapravení slámy do půdy významnější podmínkou než u obilovin. I tak je nutné počítat s větším rizikem inhibičního vlivu posklizňových zbytků. V případě výdrolu je horší situace s výdrolu po jarním ječmenu než po ozimé pšenici. (Hůla, Procházková, 2008)

Pěstování ozimé řepky po obilovinách - je potřeba bezprostředně po sklizni obilovin provést podmínku. Dále může následovat podle podmínek buď mělké zpracování půdy, či kypření povrchu půdy do hloubky 20 cm vždy s úpravou povrchu půdy nebo aplikace neselektivního herbicidu k regulaci vzešlého výdrolu a plevelů. Varianta bez zpracování půdy s aplikací neselektivního herbicidu a přímým setím do nezpracované půdy je přijatelné jen při velmi krátkém meziporostním období. Přímé setí je zde nejlépe provádět secími stroji vybavenými přihnojováním kapalnými hnojivy do půdy. (Hůla a kol., 2004)

Minimalizační technologie mají svá uplatnění v sušších oblastech, a to na obtížně zpracovatelných půdách, především z důvodu jistějšího rovnoměrného vzházení. Na druhou stranu tyto technologie dávají větší předpoklad pro přenos chorob z posklizňových zbytků, nedostatečně omezují životní cyklus škůdců a vystavují řepku většímu tlaku výdrolu obilovin. (Hůla, Procházková, 2008)

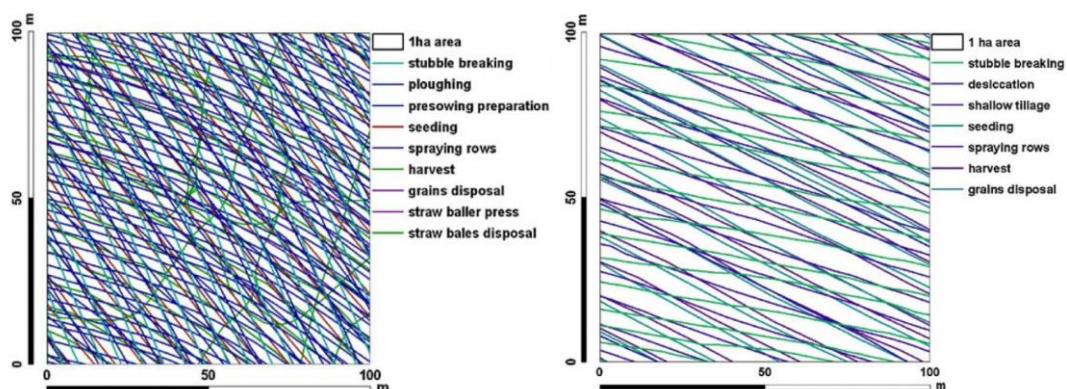
Minimalizační způsoby zpracování půdy mohou mít v případě řepky řadu variant jak z hlediska hloubky zpracování, četnosti provádění jednotlivých operací, tak i volby pracovních nářadí. Vzhledem k drobnému osivu a zachování co nejvíce vláhy v půdě by však měl být výsledkem velmi kvalitně připravený pozemek. Je v rukou pěstitele správně zhodnotit konkrétní stanovištní podmínky vzhledem k průběhu počasí v daném roce. Určitým rizikem při použití minimalizačních technologií u řepky je možnost výskytu vytrvalých plevelů a výdrolu obilovin. To lze však efektivně řešit neselektivními herbicidy aplikovanými před použitým způsobem zpracování půdy či později pomocí postemergentních herbicidů a graminicidů. (Hůla, 2000)

3.7 Systém CTF

Za zmínku určitě stojí systém jednotných kolejových řádků. Zkratka CTF značí anglická slova Controlled traffic farming, v překladu řízený provoz v zemědělství. Myšlenka stálých kolejových řádků není nová. Protože díky nahodilému pohybu strojů po pozemcích dochází ke značnému utužování a vytváření viditelných kolejí v delším čase. V ČR je aplikován na ukázkové farmě AgroVation Kněžmost. Pro splnění podmínek pro aplikaci systému v praxi je vyžadováno mnoho podmínek. Na začátku se musí pořídit odpovídající mechanizační prostředky se shodným rozchodem a šířkou pneumatik, případně pásových jednotek. Pracovní nářadí musí mít stejné záběry nebo násobky. To znamená ve většině podniků kompletní obnovu stávajících mechanizačních prostředků. Další podmínkou je přesné rozplánování pohybů strojů po pozemcích. Nejlepší jsou pozemky s velkou výměrou, pravidelných tvarů a bez vnitřních překážek (sloupy, stromy, remízky). Další podmínkou je vybavení všech strojů přesným systémem navádění s přesností 2-5 cm. Přednosti systému jsou hlavně v menším utužení půdy, zmenšení počtu přejezdů po půdě, úspoře nákladů za palivo, minimalizace překryvů, lepší půdní vlastnosti mimo koleje. Nevýhody jsou hlavně v náročnosti organizace pohybu strojů po pozemku, dodržení kázně obsluh při zpracování půdy, nutnosti pořízení navigačních systémů a sladění záběrů a rozchodů strojů. Ve státech, jako jsou Austrálie a Kanada, se tento systém díky velikosti pozemků využívá běžně. V podmínkách ČR je systém použitelný hlavně u velkých podniků, které mají dost financí na pořízení odpovídajících strojů a mají pozemky s velkými výměrami. Problém může nastat i při vydávání pozemků, které jsou pronajímány zemědělcům a v rámci boje o půdu dochází ke konkurenčnímu boji mezi zemědělci. (Kovaříček, 2014)

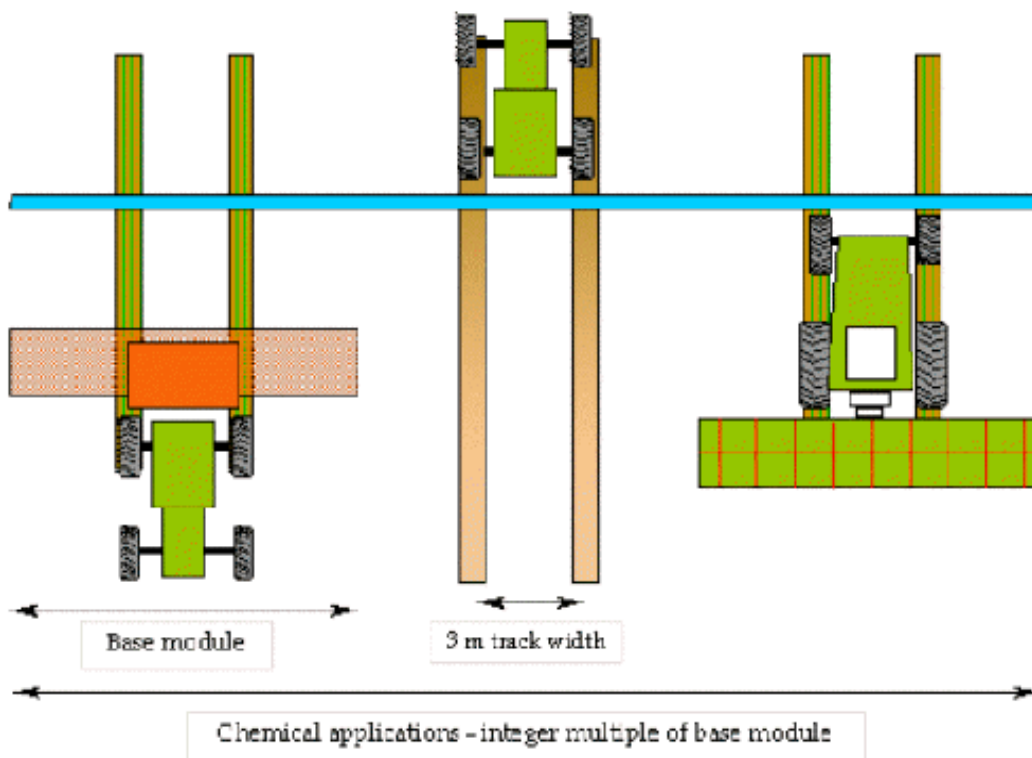
Jednotlivé přejezdy po pozemku stojí za zhutňováním půdy, a proto je třeba zamyslet se nad jednotlivými technologiemi zpracování půdy. V pokusu, který uvádí Kroulík, dochází při technologii zpracování půdy s využitím orby k 86 % přejezdu plochy pneumatikami v jednom roce. U minimalizace je tento podíl 64 %. U CTF se dosahuje plochy přejezdu asi 25 %. (Kroulík, 2009)

Schéma přejezdů po pozemku při orbě (vlevo) a při minimalizaci (vpravo) (Kroulík, 2009)



Obrázek 5 Plocha přejezdů orba (vlevo) a minimalizace (vpravo), (Kroulík, 2009)

Použití CTF na pozemku je znázorněno na obrázku dole, kde vlevo je mechanizace na zpracování půdy, uprostřed je postřikovač a vpravo je sklízecí mlátička. Rozchod je u strojů zpravidla upraven na 3 metry. To je dáno rozchodem sklízecí mlátičky. Stroje se pak pohybují ve stejných kolejích.



Obrázek 6 Schéma použití CTF (CTF.com)

4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

4.1 Popis podniku

Zemědělská společnost Drnovice a.s. hospodaří na 819 ha zemědělské půdy. Z této výměry je přibližně 740 ha orné půdy, 15 ha úhorů, 8 ha trvalých travních porostů na orné půdě a 56 ha trvalých travních porostů. Pěstované plodiny jsou na 300 ha ozimá pšenice, 150 ha ozimá řepka, 200 ha jarní ječmen, na 40 ha kukuřice na siláž, 35 ha hrachu a 13 ha vojtěšky a 2 ha brambor. Obhospodařované katastry jsou Vyškov, Drnovice, Račice-Pístovice, Luleč a Nemojany. Nadmořská výška je od 250 do 350 m n. m. Půdy jsou od černozemí v okolí Vyškova po jižní části Drnovic, kde je úřední cena 19,13 Kč za m² až po kambizem v Račicích s cenou 1,43 Kč za m².

Pro základní zpracování půdy se na celé výměře používá minimalizační technologie. Po sklizni je provedena podmítka diskovým podmítačem na 5-8 cm. Následuje likvidace vzešlého výdrolu chemickou cestou. Pro přípravu půdy na zimu a před setím plodin se používá kypřič horsch terrano FM se záběrem 4 metry a pracovní hloubkou 20-25 cm. K jednotlivým plodinám se volí i různé typy radliček a dlát. Pro přípravu půdy pod pšenice se nasazují k dlátům radličky, které prokypří profil půdy v celé šířce. Následné setí se provádí přímo do zkypřené půdy. Příprava půdy pod řepky se provádí jen dlátý a pozemek je následně připraven i kompaktozem před setím.

Průměrné výnosy dosahované v zemědělských plodinách se pohybují u ozimé pšenice mezi 6,5 a 8 tunami z hektaru, kde rekordní výnos byl v roce 2016 10,3 tuny z hektaru na 18 hektarech. Jarní ječmen měl v roce 2016 průměrný výnos 4,5 tuny. Jiné roky bývá výnos okolo 6 tun. U řepky byl výnos 3,9 tuny s rekordem 4,6 tuny na 32 ha. V hořčici byl hektarový výnos 1,6 tuny a u pelušky 2,3 tuny.

4.2 BPEJ 3.01.00

BPEJ znamená bonitovaná půdně ekologická jednotka. Je to charakteristika zemědělských půd označená pětimístným číselným kódem. Jednotlivé číselné hodnoty vyjadřují půdní a klimatické podmínky, které ovlivňují cenu půdy a produkční schopnost půdy. (Prax, 2010)

První číslice označuje klimatický region, kde je 10 klimatických regionů. Tyto regiony se vyznačují podobnou charakteristikou podmínek pro růst rostlin. Regiony 0-5 jsou spíše sušší a teplejší, zato regiony 6-9 jsou vlhčí a chladnější. (VÚMOP)

Druhá a třetí číslice označuje hlavní půdní jednotku. Je to účelové seskupení půdních forem, příbuzných ekologickými vlastnostmi, které jsou charakterizovány morfogenetickým půdním typem, subtypem, půdotvorným substrátem, zrnitostí a u některých HPJ výraznou svažitostí, hloubkou půdního profilu, skeletovitostí a stupněm hydromorfismu. Hlavních půdních jednotek je 78. (Prax, 2010)

Čtvrtá číslice označuje kombinaci sklonitosti a expozice. Tvar a konfigurace terénu ovlivňuje mnoho významných činitelů. Zahrnuje nejnižší a nejvyšší polohy, u kterých rozlišujeme výškové stupně, jako jsou nížiny až hornatiny. Svažitost ovlivňuje i stupeň vláh v půdě a erozi půdy. Se svažitostí vzrůstá odtok a zmenšuje se ovlhčení půdy. Důležitým faktorem je i orientace ke světovým stranám. Jinak se chová půda na severním svahu, kde je chladnější oproti stejnému svahu s jižní expozicí. (VÚMOP)

Pátá číslice označuje kombinace skeletovitosti a hloubky půdy. Jedná se o velmi blízké charakteristiky, které zásadně ovlivňují hospodaření na půdě. (Šarapatka, 2014)

3.01.00

Bonitovaná půdně ekologická jednotka spadá do 1. třídy ochrany zemědělského půdního fondu. Její průměrná cena je 19,13 Kč na m² a bodová výnosnost této půdy je číselně vyjádřena na stupnici od 0 do 100 hodnotou 96. (VÚMOP)

Charakteristika 3. klimatického regionu, který zaujímá severní a východní část České křídové tabule, celý Hornomoravský úval, Střední část Dolnomoravského úvalu a nejnižší polohy boskovické brázdy.

Region je teplý, mírně vlhký.

Suma teplot nad 10 °C je 2 500–2 800.

Průměrná roční teplota 8-9 °C. Průměrný úhrn srážek 550-650 mm.

Pravděpodobnost suchých vegetačních období 10-20 % (VÚMOP)



Obrázek 7 Mapa KR 3 (VÚMOP)

Charakteristika hlavní půdní jednotky 03.

Genetický půdní představitel je černozem modální, černozem modální karbonátová, černozem luvická. Reliéf je rovina – zvlněná rovina nebo mírný svah. Půda je hluboká až velmi hluboká, stejně jako mocnost ornice. Mocnost humusového horizontu přesahuje mocnost ornice. Struktura je jemně drobtovitá. Vláhové poměry jsou příznivé až výsušné. (Vopravil, 2011)

Zrnitost	p-ph	Středně těžká
Pórovitost (% obj.)	43-48	Mírně až středně pórovitá
MKVK (% obj.)	32-37	Silně vododržná
Humus (%)	2-5	Střední až vysoký
Uhličitany (%)	0,3-3	Slabě vápnitá
pH (K(I))	6,6-7,2	Neutrální
Sorpční kapacita (mmol+/100g)	>18	Střední, vysoká až velmi vysoká
Stupeň sorpčního nasycení (%)	75-100	Nasycená až plně nasycená
Měrný odpor (kPa)	50-60	

Tabulka 8 Vlastnosti HPJ 03 (VÚMOP)

Sklonitost a expozice je u čtvrté číslice vyjádřena nulou. Značí úplnou rovinu se všesměrnou expozicí. (Vopravil, 2011)

Hloubka a skeletovitost na pátém místě také označená nulou znamená půdy hlubší než 60 cm a půdy bez skeletu. (Vopravil, 2011)

4.4 Kolejové řádky

Slouží na polích k jednoduché navigaci mechanizačních prostředků pro ochranu rostlin a hnojení. Při setí se zakládají tak, že podle záběru secího stroje a rozmetadla minerálních hnojiv se vypočítá počet secích strojů, které jsou potřebné k pokrytí záběru postřikovače nebo rozmetadla. U většiny podniků se záběry secích strojů pohybují mezi 3 až 12 metry. U rozmetadel a postřikovačů to jsou zpravidla 3 až 4násobky záběru secího stroje. Při setí se tedy počítá u každého druhého nebo třetího záběru secího stroje se zapnutím setí kolejových řádků. U secích strojů novějšího data výroby si obsluha zvolí požadovaný rytmus vypínání a secí stroj tuto práci automaticky dělá. Vypnutí probíhá tak, že se zastaví přívod osiva do 2 až

3 secích botek pro každou stopu traktoru. Takto vynechané kolejové řádky jsou ovšem vidět až po vzejití plodiny. Proto je na některých secích strojích možnost provádět preemergentní zaznamenání kolejových řádků, kdy je za secím strojem zařízení pro vytváření rýh až za secím ústrojím a zavlačovači. Toto značení se zapíná automaticky vždy, když secí stroj seje záběr s vynecháním na kolejové řádky.

V některých podnicích se od kolejových řádků zakládáných při setí upouští. Důvody jsou hlavně v nástupu přesného navádění strojů pomocí GPS. Při manuálním řízení strojů má obsluha při setí snahu raději překrývat než nedosévat, a tím vznikají překryvy u rozmetadel a postřikovačů. Navíc ne každá obsluha zvládala set kolejové řádky bez chyb. Ty spočívají především v tom, kde se kolejový řádek nachází. Stává se, že je jejich frekvence moc hustá nebo nepravidelná, přičemž se může stát, že jsou pozemky nedohnojeny nebo přehnojeny. Proto při setí se nechá secí stroj set bez toho, aniž by dělal kolejové řádky a obsluha má jednodušší práci. První, kdo pak přijede na pozemek hnojit nebo stříkat, tak si najezdí koleje podle svojí GPS, která má už zpravidla možnost řídit směr vozidla a udělá koleje přesně v místech, aby nedocházelo k překryvům nebo nedodělkům. Další výhodou je možnost časnějšího vjezdu mechanizace. Protože po porostu mohou jezdit dříve než v kolejových řádcích bez porostu.

Šířka kolejových řádků se odvíjí od používané mechanizace podniku. V některých podnicích jsou používána kultivační (úzká) kola jak na postřikovačích, tak na rozmetadlech. Tyto koleje mívají šířku 25 až 40 cm pro jednu stopu, tedy 50 až 80 cm na jeden pracovní záběr. U normálních rozměrů pneumatik je šířka pneumatiky v rozmezí od 40 do 60 cm, a tedy 80 až 120 cm na jeden pracovní záběr. Při setí se vynechává u secích strojů s roztečí secích botek 12,5 cm pro každou kolej 37,5 až 50 cm neoseté plochy. Při přepočtu na plochu záběru 24 metrů s klasickými koly o šířce 50 cm, tak je neosetá plocha 2,4 %. To znamená, že více jak 2,4 % plochy pozemku jsou vystaveny nadměrnému utužování půdy vlivem přejezdů postřikovače a rozmetadla minerálních hnojiv, protože se v některých místech souprava pohybuje více než jedním přejezdem. To se týká hlavně souvratí, kde se mechanizace otáčí nebo si jezdí souvratí pro naplnění hnojiva nebo postřiku. V souvratí se také zvětšuje utužená plocha půdy. To platí především pro tažené postřikovače a rozmetadla, kdy se při zatažení soupravy vytváří celkem 6 stop. V následující tabulce jsou příklady pro další záběry a šířky stop. S většími pracovními záběry se šířky stop mechanizace zvětšují.

Záběr postřikovače a rozmetadla v m	Šířka stop celkem v m	Plocha půdy v kolejích v %
12	0,5	4,16
12	0,8	6,67
18	0,5	2,78
18	0,8	4,40
24	0,6	2,50
24	1	2,36
30	0,8	2,67
30	1,2	4,00
36	0,8	2,20
36	1,2	3,34

Tabulka 9 Plocha utužené půdy v kolejích

S rostoucími záběry se snižuje procentický podíl plochy kolejových řádků na pozemku. Užší kola také pomáhají snížit tento podíl. Čísla jsou spíše orientační, ale ukazují trend, jakým se vydávat k menšímu zhoršování půdních vlastností.

4.5 Pěstební technologie pšenice ozimé

Výměra půdního bloku 10,4 ha

Název bloku: Drvárna

Odrůda: Patras

Zpracování půdy:

Po sklizni předplodiny hrachu v červenci roku 2015 následovala v červenci podmítka diskovým podmítačem do hloubky 8 cm. Začátkem září byla provedena druhá operace opět diskovým podmítačem na hloubku 10 cm. Koncem září byl pozemek připraven kypřičem horsch terrano na hloubku 25 cm. Po zasetí 30. 9. následovalo zaválení pozemku cambridskými vály.

Ochrana rostlin:

8. 4. 2016 Stabilan 1 l/ha + 1 l/ha Bumper super+ Hurricane 200 g / ha – regulace růstu+ choroby pat stébel+ širokospektrální herbicid

22. 4. 2016 Optimus 0,3 l/ha – regulace růstu

10. 5. 2016 Limit 0,6 l/ ha – listové choroby

7. 6. 2016 Rafan 0,1 l/ ha + tebuguard 1 l/ ha – škůdci + klasové choroby

Hnojení

21. 3. 2016 LAV 27 % - 54 kg N – regenerační hnojení

4. 4. 2016 DAM 390- 82 kg N – produkční hnojení

10. 5. 2016 LAV 27 %- 40 kg N – kvalitativní hnojení

Sklizeň:

Proběhla 8. 8. 2016 s výnosem 8 tun z hektaru. Vlhkost zrna byla 13,2 %.

4.6 Pěstební technologie řepky ozimé

Výměra půdního bloku: 39,5 ha

Název bloku: Blata

Odrůda: Sherpa

Zpracování půdy:

Po sklizni předplodiny, kterou byla ozimá pšenice, následovalo lisování a odvoz slámy z pole. Podmítka proběhla první týden v srpnu. Druhý týden v srpnu bylo provedeno kypření na 25 cm. Setí proběhlo 23. 8. 2015 a pole bylo zaváleno cambridskými vály.

Ochrana rostlin:

27. 8. 2015 Gallant super 0,5 l/ha + Butisan star 2 l/ ha + Groundet 0,3 l/ ha – výdrol obilovin + dvouděložné plevele + smáčedlo

25. 9. 2015 Garland forte 0,6 l/ ha + Tebusha 1 l/ha – výdrol obilovin + regulace růstu

12. 10. 2015 Galera podzim 0,35l/ ha + Poleci 0,3l/ha – dvouděložné plevele + škůdci

5. 4. 2016 Nurelle D 0,6l/ha + Tebusha 1 l/ha – škůdci + regulace růstu

15. 4. 2016 Nurelle D 0,6l/ha – škůdci

29. 4. 2016 Apel 0,3l/ ha – choroby

17. 5. 2016 Mirador 1 l/ ha + Bariard 0,3 l/ ha – hlízenka + škůdci

7. 7. 2016 Clinic 3 l/ ha + Spodnam 1 l/ ha – desikace + lepení šesulí

Hnojení:

7. 8. 2015 NP roztok – 12 kg N /ha + 48 kg P₂O₅/ ha

23. 2. 2016 LAD 27 % – 54 kg N/ ha

25. 2. 2016 Močovina – 46 kg N/ ha

24. 3. 2016 DAM 390 – 82 kg N/ ha

Sklizeň:

Proběhla 21. 7. 2016 s průměrným výnosem 3,9 tuny z hektaru. Vlhkost zrna byla 7,6 %.

4.7 Mechanizační prostředky

Tažné prostředky pro zpracování půdy jsou 2 kolové traktory John Deere s výkonem 150 a 250 kW. Pro podmínky je podnik vybaven diskovým podmítačem Lemken Rubin s pracovním záběrem 6 metrů. Na kypření je používán kypřič Horsch Terrano se záběrem 4,4 metru. Kypřič se skládá ze dvou řad disků a jedenácti kusů dlát, na které jdou přimontovat radličky. Po dlátech jsou urovnávací disky a půdní pěch. Ke kultivaci se používá kompaktor značky Opal – Agri se záběrem 6 metrů. Na setí je používán secí stroj s diskovým výsevním ústrojím Amazone Cirrus. Tento stroj má záběr 6 metrů. K ochraně rostlin se používá tažený postřikovač MGM v agregaci s traktorem John Deere s výkonem 90 kW. Postřikovač má záběr 24 metrů a nádrž na 3 000 litrů vody. Rozmetadlo minerálních hnojiv je agregováno s traktorem John Deere o výkonu 74 kW. Rozmetadlo má záběr 24 metrů a násypku na 1 500 litrů hnojiva. Sklizeň je prováděna dvěma sklízecími mlátičkami John Deere s pracovními záběry 6 metrů.

4.8 Odběr vzorků

První odběr vzorků byl po domluvě s vedoucím diplomové práce a agronomek uskutečněn za příznivých vláhových podmínek 7. 4. 2016 v dopoledních hodinách. Bylo odebráno celkem 54 Kopeckého fyzikálních válečků. 27 z nich připadlo na pšenici a 27 na řepku. Na každém pozemku se stanovila místa odběru, ve kterých se při druhém odběru 21. 7.

2016 odebíraly další vzorky. Také v druhém termínu bylo odebráno celkem 54 válečků. Sypké vzorky byly odebírány vždy směsně pro každý bod odběru.

Při odebírání vzorků byly vybrány na každém pozemku 3 vedle sebe jdoucí koleje. V každé koleji se odebraly v hloubce 5-10 cm 3 válečky. Další 3 válečky se odebraly ve stejné hloubce 5-10 cm mezi stopami traktoru. V tomto případě vždy ve středu dané stopy. Poslední 3 válečky se odebraly 10 metrů od koleje v prostoru mezi jednotlivými přejezdy strojů, protože jsou pracovní záběry rozmetadla i postřikovače 24 metrů. Tento postup byl opakován třikrát ve vzdálenosti 50 metrů od předchozího odběru. Proto na každém pozemku bylo odebráno 27 válečků.

4.9 Mapa odběrů

Pozemky se nacházejí západně od města Vyškov. Jsou mezi státní silnicí 430 a dálnicí D1 mezi 223. a 226. kilometrem.



Obrázek 8 Mapa odběrů, celkový pohled (mapy.cz)



Obrázek 9 Místo odběrů ozimá pšenice, hon Drvárna (Mapy.cz)

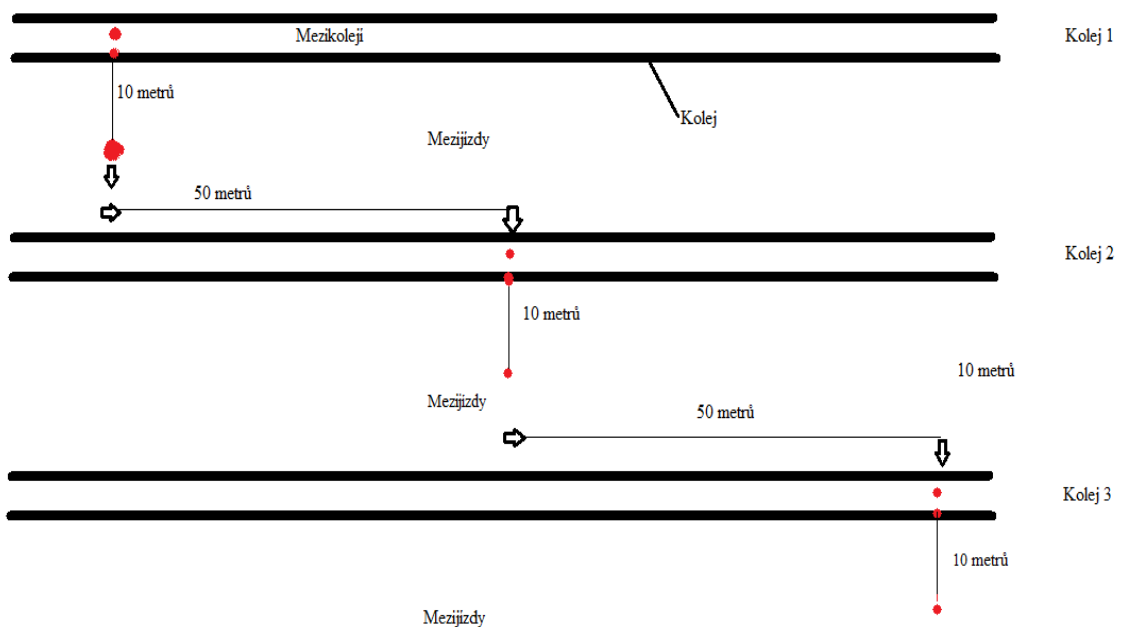


Obrázek 10 Místo odběrů ozimá řepka, hon Blata (Mapy.cz)

Znázornění postupu při odebírání půdních vzorků

Schéma postupu odběru
neporušených vzorků

● místo odběru
vzorků



Obrázek 11 Schéma postupu při odběru neporušených vzorků

4.10 Metody zpracování vzorků

4.10.1 Základní rozbor porušeného půdního vzorku

Zrnitostní rozbor

Zrnitostní rozbor půdy podává údaje o poměrném (procentickém) zastoupení částic určité velikosti a je základem klasifikace půdy podle druhu nebo zrnitostní třídy. Výchozím materiálem pro zrnitostní rozbor je jemnozem I. Pokud půdní vzorek obsahuje podle odhadu více než 10 % částic větších než 2,0 mm, provádí se stanovení skeletu. (Hraško, 1962)

Pipetovací metoda na stanovení zrnitosti

Princip: Metoda patří do skupiny neopakované sedimentace. Pipetou odebíráme vzorek určitého objemu ze suspenze určité koncentrace. Vzorek odebíráme z určité hloubky a po určitém časovém intervalu od konce míchání suspenze, který se rovná době nezbytné k sedimentaci stanovené frakce do hloubky, z níž vzorek odebíráme. (Jandák, 2003)

Postup: Navážka 10,00 g, po ukončení preparace zředíme obsah kádinky destilovanou vodou, promícháme a sléváme do sedimentačního válce přes síto s průměrem ok menším jak 0,25 mm, které je vloženo do nálevky. Zbytky v kádince důkladně promyjeme a sestříhneme do válce. Částice větší jak 0,25 mm, jež byly zachyceny na síti, sestříkneme do předem zvažené vysoušečky, vodu odpaříme na pískové lázni a pak 1 hod. sušíme v sušárně na 105 °C. Po vychladnutí v exikátoru se sikativem přesně zvažíme na analytických vahách. Hmotnost frakce D zapíšeme. Suspenzi v sedimentačním válci doplníme na značku 1 l vodou vytemperovanou na 20 °C. Potom válec umístíme na sedimentační stůl a jeho obsah v celé výšce vodního sloupce dokonale promícháme míchadlem po dobu jedné minuty. Od okamžiku ukončení míchání začneme měřit stopkami dobu sedimentace. Po uplynutí sedimentační doby pro příslušnou frakci pipetujeme z předepsané hloubky automatickou pipetou 25 ml suspenze. Rychlost nasávání pipety regulujeme tak, aby v čase sedimentace byla napipetována polovina objemu pipety. Po nasátí celého objemu pipety její obsah vypustíme do zvažené porcelánové vysoušečky o objemu min. 30 ml a pipetu do ní vypláchneme malým množstvím vody. Obsah vysoušečky opatrně odpaříme na pískové lázni, dosušíme v sušárně při teplotě 105 °C, necháme vychladnout v exikátoru se sikativem a zvažíme hmotnost frakce. Metoda je poměrně přesná, neboť se provádí v suspenzi s destilovanou vodou, bere se v úvahu skutečná měrná hmotnost vzorku, teplota suspenze, a

dokud není navážena sušina vzorku, výsledky se přepočítávají na sušinu navážky.
(Pospíšilová a kol., 2016)

Stanovení pH

Do vhodných nádobek se naváží 10 g jemnozeme I, přeje se 25 ml roztoku KCl. Poté se suspenze důkladně míchá po dobu 5 minut, vloží se elektrody a měří se pH, po ustálení hodnoty se hodnota odečte a zapíše. (Pospíšilová a kol., 2016)

pH/ KCl	Hodnocení zeminy
Méně než 4,5	Silně kyselá
4,6-5,5	Kyselá
5,6-6,5	Slabě kyselá
6,6-7,2	Neutrální
Více než 7,3	Alkalická

Tabulka 10 Hodnocení pH (Zbiral, 2004)

Stanovení obsahu humusu

Postup: Vzorek zeminy se jemně rozetře v achátové misce, navážka vychází z předpokladu obsahu humusu, navážíme jemnozeme II dle tabulky do Erlenmayerovy baňky o objemu 250 ml. Z byrety přidáme 10 ml dichromanu draselného a 10 ml konc. kys. sírové a obsah se opatrně krouživým pohybem promíchá tak, aby zemina neulpěla na stěnách nádoby. Směs se ponechá v klidu nejméně 1 hodinu. Pak se zředí cca 200 ml destilované vody, na maskování Fe^{2+} se válečkem přidá cca 6 ml konc. kys. fosforečné a 5-7 kapek indikátoru o-fenantrolinu. Titrujeme 0,5 M Mohrovou solí. Barevný přechod indikující konec titrace probíhá z lahvově zelené do hnědočervené barvy. (Pospíšilová a kol., 2016)

Hodnocení obsahu humusu	Humus %
Velmi vysoký	Více než 5
Vysoký	3-5
Střední	2-2,9
Nízký	1-1,9
Velmi nízký	Méně než 1

Tabulka 11 Hodnocení obsahu humusu v půdě (Kutílek, 1978)

4.10.2 Základní rozbor neporušeného půdního vzorku

U očištěného válečku zapíšeme číslo do záznamu a přesně zvážíme v přirozené vlhkosti. Podložíme stranu s břitem čtverečkem filtračního papíru a necháme sytit vodou obvykle v plechových klíčidlech či jiných vhodných nádobách na skleněných tabulkách obalených filtračním papírem následovně: položíme válečky na vrstvu ze 4 listů filtračního papíru, vyvýšeného nad hladinu vody na stojancích cca 2 cm vysokých v krabici tak, že okraje všech 4 listů jsou ponořeny do vody nejméně 1 cm hluboko, ale voda rovnou plochou listů vůbec nezaplavuje, takže filtrační papír předává vzorku vodu pouze kapilárním vedením ve svých pórech. Hladina vody může být nejvýše 5 mm pod úrovní dolní základny vzorku. Celou nádobu pak ještě překryjeme těsně přiléhajícím víkem kvůli zamezení výparu vody. Nasycujeme vodou do doby, kdy se bude lesknout na povrchu vzorku, dle odborné normy nejméně 24 hodin. Po nasycení případně otreme vodu z povrchu válečku, zvážíme i s podloženým filtračním papírem a hmotnost zapíšeme. Poté položíme na 4x přeložený filtrační papír a necháme půl hodiny odsávat. Poté to samé provedeme po 2 a 24 hodinovém odsávání. (Hybler, 2003)

- po 30 minutách se stanoví počet nekapilárních pórů

- po 2 hodinách se stanoví maximální vodní kapacita podle Nováka a minimální vzdušná kapacita podle Nováka

- po 24 hodinách zjistíme hodnoty důležité pro dělení pórovitosti na semikapilární a kapilární

Následně zeminu včetně použitého filtračního papíru vytlačíme do zvážené suché smaltované misky, zvážíme a sušíme v laboratorní sušárně při 105 °C do konstantní hmotnosti, po vychladnutí zvážíme. A zjistíme objemovou hmotnost redukovanou. (Pospíšilová a kol., 2016)

Pro vzdušnost půdy je poměr objemu vzduchu k objemu vzorku. Vyjadřuje objemovou koncentraci vzduchu ke vzorku. Vypočítáme jako rozdíl hodnot pórovitosti a momentální vlhkosti. (Jandák, 2003)

5 VÝSLEDKY

5.1 Výsledky zrnitostního rozboru

5.1.1 Odběr 7. 4. 2016

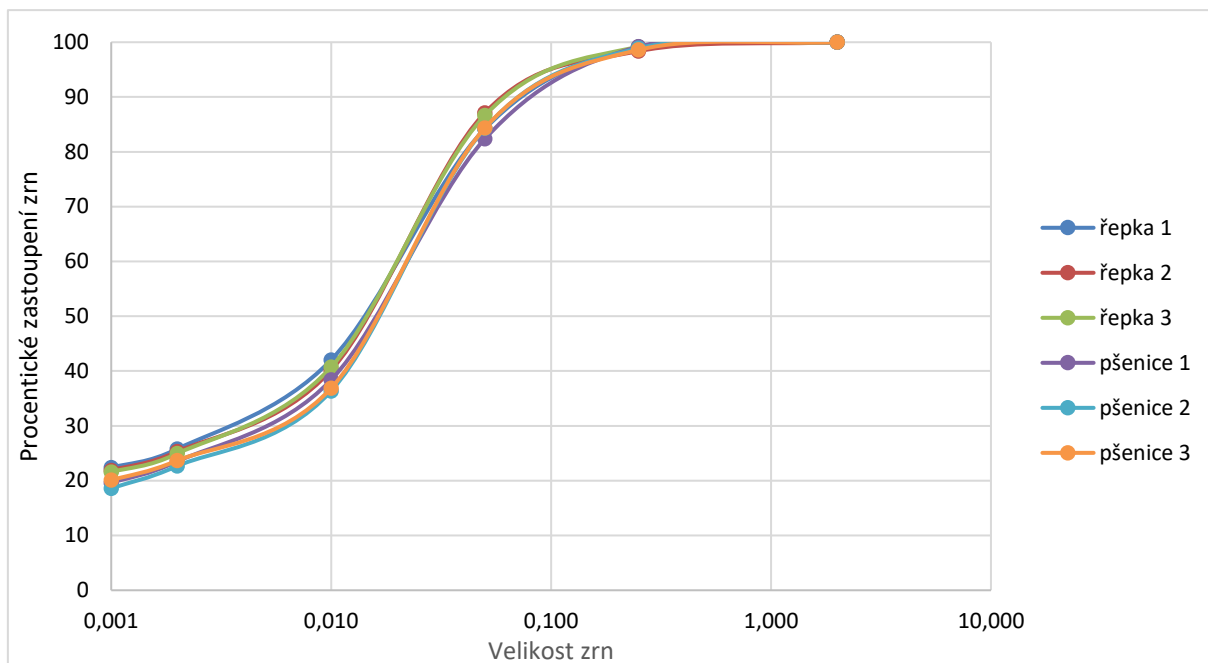
Místo odběru	Obsah částic [%]								
	Frakce (mm)								
	2,00- 0,25	0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,001	< 0,001	< 0,01	2,00-0,05	0,05-0,002	< 0,002
řepka 1	0,89	14,91	42,16	19,68	22,36	42,04	15,80	58,40	25,80
řepka 2	1,63	11,25	46,96	18,28	21,88	40,16	12,88	61,80	25,32
řepka 3	0,84	12,52	45,92	19,16	21,56	40,72	13,36	61,68	24,96
pšenice 1	0,82	16,82	43,96	18,80	19,60	38,40	17,64	58,84	23,52
pšenice 2	1,09	14,63	47,92	17,76	18,60	36,36	15,72	61,60	22,68
pšenice 3	1,39	14,25	47,48	16,80	20,08	36,88	15,64	60,68	23,68

Tabulka 12 Zrnitostní rozbor 7. 4. 2016

vzorek	obsah částic o rozměru méně než [%]						půdní druh dle Nováka
	2,000	0,250	0,050	0,010	0,002	0,001	
řepka 1	100,00	99,11	84,20	42,04	25,80	22,36	H
řepka 2	100,00	98,37	87,12	40,16	25,32	21,88	H
řepka 3	100,00	99,16	86,64	40,72	24,96	21,56	H
pšenice 1	100,00	99,18	82,36	38,40	23,52	19,60	H
pšenice 2	100,00	98,91	84,28	36,36	22,68	18,60	H
pšenice 3	100,00	98,61	84,36	36,88	23,68	20,08	H

Tabulka 13 Zrnitostní rozbor 7. 4. 2016

Zrnitostní křivky jednotlivých vzorků v odběru 7. 4. 2016



Obrázek 12 Zrnitostní křivky odběru 7. 4. 2016

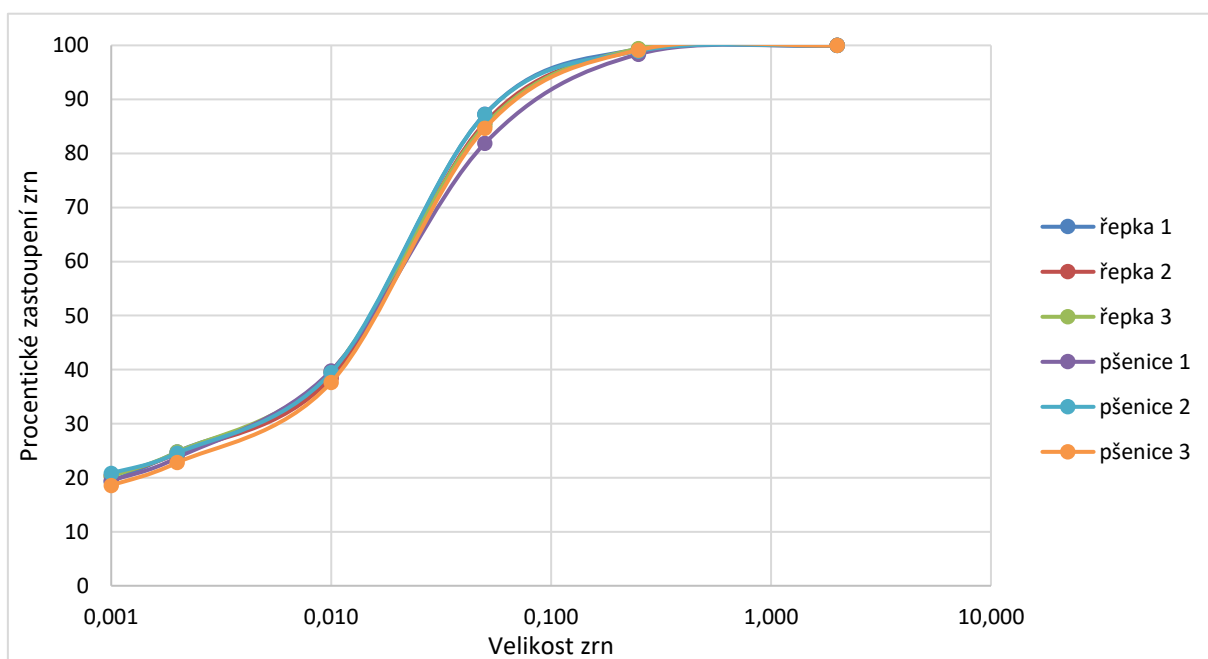
5.1.2 Odběr 21. 7. 2016

Místo odběru	Obsah částic [%]								
	Frakce (mm)								
	2,00-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,001	< 0,001	< 0,01	2,00-0,05	0,05-0,002	< 0,002
řepka 1	0,67	12,05	48,00	20,00	19,28	39,28	12,72	62,48	24,80
řepka 2	0,83	13,49	47,20	18,08	20,40	38,48	14,32	61,16	24,52
řepka 3	0,56	14,24	45,52	19,44	20,24	39,68	14,80	60,44	24,76
pšenice 1	1,62	16,50	42,08	20,36	19,44	39,80	18,12	58,16	23,72
pšenice 2	1,04	11,73	47,76	18,68	20,80	39,48	12,76	62,68	24,56
pšenice 3	0,86	14,46	47,04	19,08	18,56	37,64	15,32	61,88	22,80

Tabulka 14 Zrnitostní rozbor 21. 7. 2016

vzorek	obsah částic o rozměru méně než [%]						půdní druh dle Nováka
	2,000	0,250	0,050	0,010	0,002	0,001	
řepka 1	100,00	99,33	87,28	39,28	24,80	19,28	H
řepka 2	100,00	99,17	85,68	38,48	24,52	20,40	H
řepka 3	100,00	99,44	85,20	39,68	24,76	20,24	H
pšenice 1	100,00	98,38	81,88	39,80	23,72	19,44	H
pšenice 2	100,00	98,97	87,24	39,48	24,56	20,80	H
pšenice 3	100,00	99,14	84,68	37,64	22,80	18,56	H

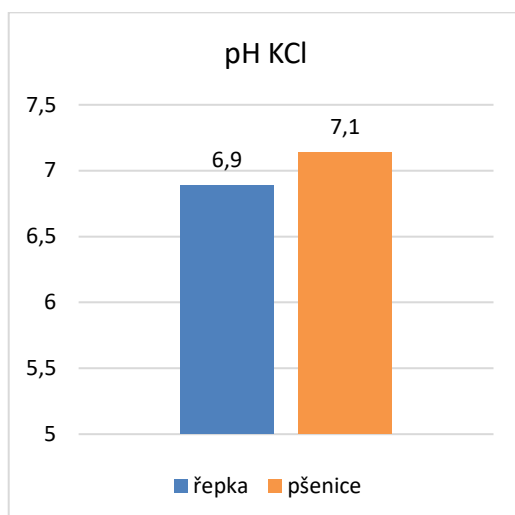
Tabulka 15 Zrnitostní rozbor 21. 7. 2016



Obrázek 13 Zrnitostní křivky odběru 21. 7. 2016

Zrnitostní rozbor se u všech vzorků půdy téměř shodoval. Podle obsahu částic menších než 0,01 mm dle Nováka se jedná o půdy hlinité a středně těžké. Tento druh půdy odpovídá BPEJ. Tímto je splněna jedna ze základních podmínek pro porovnávání půdy.

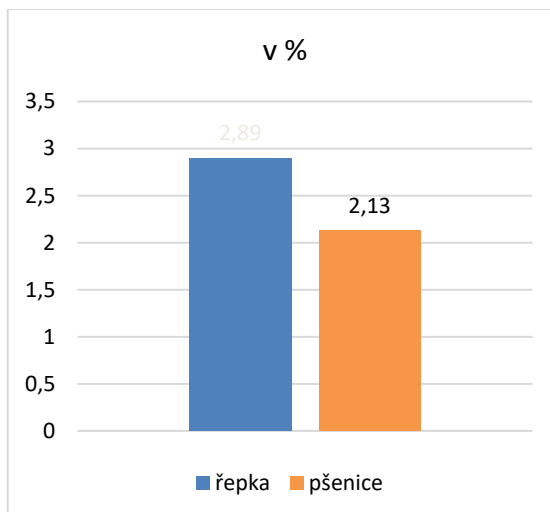
5.1.2 pH



Obrázek 14 pH KCl

U pšenice bylo pH mírně vyšší než u řepky. U obou plodin ale vychází pH jako neutrální. pH bylo u řepky mírně nižší než u pšenice. Tento rozdíl je minimální. Při pěstování řepky je třeba, aby bylo pH v rozmezí mezi 6 a 7. V pokusu byla řepka pěstována při optimálním pH. U pšenice je optimální pH mezi 6 a 7,2. I zde byla pH optimální.

5.1.3 Obsah humusu



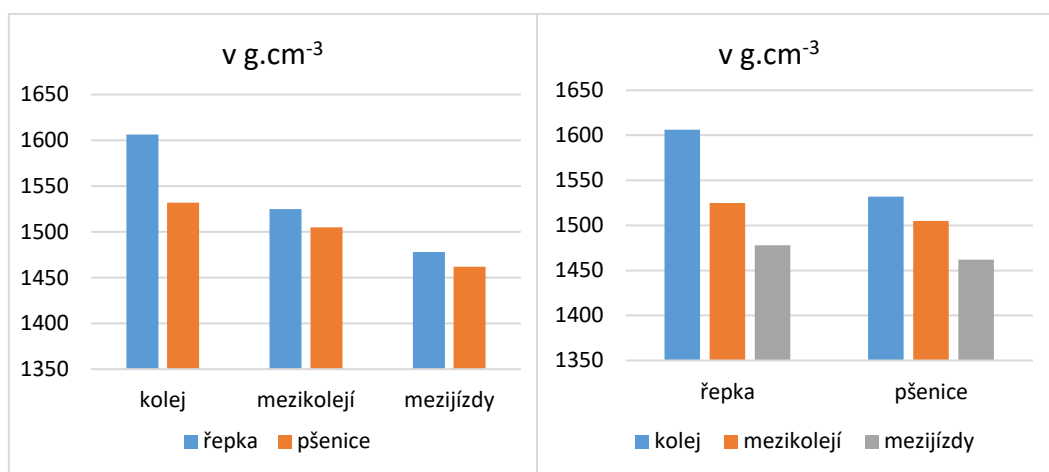
Obrázek 15 pH a obsah humusu

Obsah humusu byl u řepky vysoký a u pšenice střední. V řepce je díky kořenovému systému a jeho vlášení více humusu než u pšenice. Půda má u řepky díky vyššímu obsahu humusu lepší schopnost zadržování vody.

5.2 Výsledky rozboru neporušeného vzorku

Kopeckého půdní fyzikální válečky byly analyzovány podle výše popsanych laboratorních metod. Zjištěné hodnoty jsou zachyceny v grafech. Každá hodnota v grafu představuje průměr z odebraných válečků z obou termínů odběru. Vždy je uveden jeden graf pro porovnání půdních fyzikálních vlastností mezi pozemky a jeden pro porovnání hodnot v rámci pozemku. Hodnoceny byly tyto veličiny: objemová hmotnost reduková, pórovitost, kapilární póry, nekapilární póry, semikapilární póry, plná vodní kapacita, maximální kapilární vodní kapacita, minimální vzdušná kapacita a provzdušněnost.

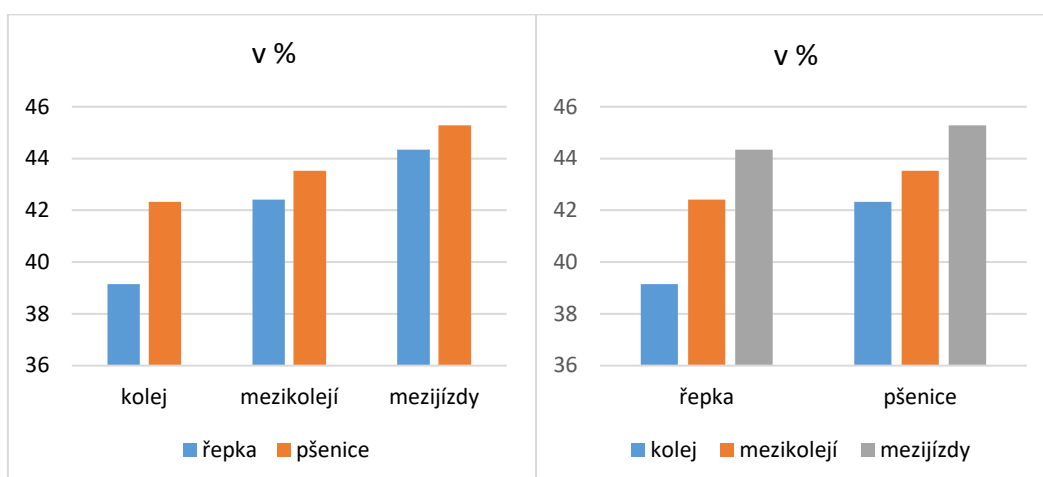
5.2.1 Objemová hmotnost reduková



Obrázek 16 Grafy objemové hmotnosti redukové

Objemová hmotnost reduková je hmotnost vysušené půdy v daném objemu, tedy bez hmotnosti vody. Tato hodnota se používá pro stanovení utužení půdy. Hraníční hodnota utužení je podle Lhotského pro hlinité půdy 1,45 g.cm⁻³. Vše nad touto hodnotou značí utuženou půdu. Nejbližší této hodnotě jsou mezijízdy u pšenice. Ovšem i nejnižší hodnota je nad hranicí utužené půdy. Nejvíce utužená půda je v kolejích řepky. A to o 8 % v porovnání se stavem mezi jednotlivými jízdami. Tento stav vznikl díky 12 přejezdům v řepce kvůli ochraně a hnojení. U pšenice bylo jen 7 přejezdů kvůli ochraně a hnojení. V obou variantách byly kolejové řádky nejvíce utuženým místem na pozemku. U pšenice se zvýšila OHR o 5 % vůči mezijízdám. V mezikolejích u řepky i pšenice se zvýšila hodnota o 3 % oproti mezijízdám.

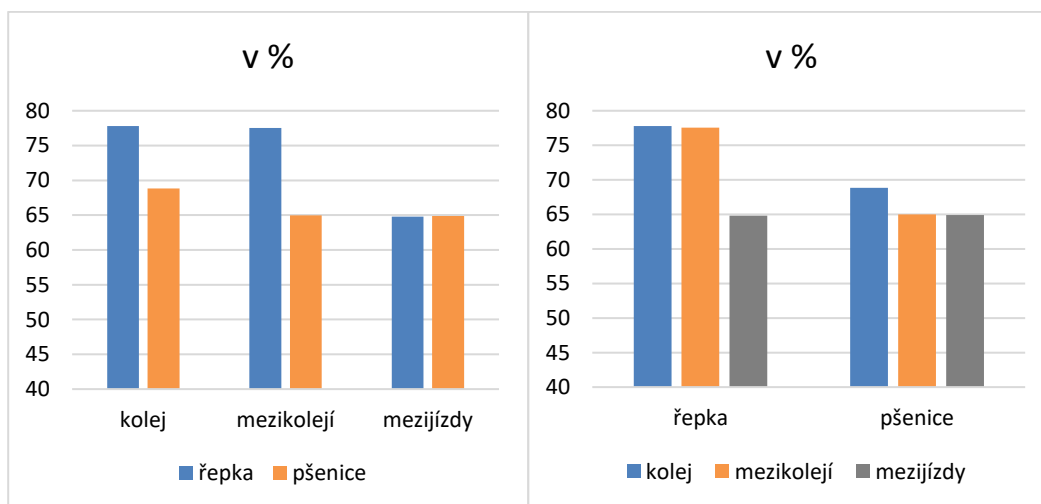
5.2.2 Pórovitost



Obrázek 17 Pórovitost

Celková pórovitost značí okamžité zastoupení pórů z celkového objemu půdy. Kritická pórovitost u hlinitých půd je dle Lhotského méně než 45 %. Tato hodnota přímo souvisí s objemovou hmotností redukovanou. Nad tuto hodnotu dosahuje jen mezijízda u pšenice. U ostatních je pórovitost pod kritickou hranicí. Nejnižší hodnota je v kolejích řepky. Největší rozdíl 5 % je mezi kolejem řepky a mezijízdami v ní. U pšenice je tento rozdíl 3 %. V porovnání mezikolejí a mezijízd jsou u obou plodin zhoršení vždy o 2 %.

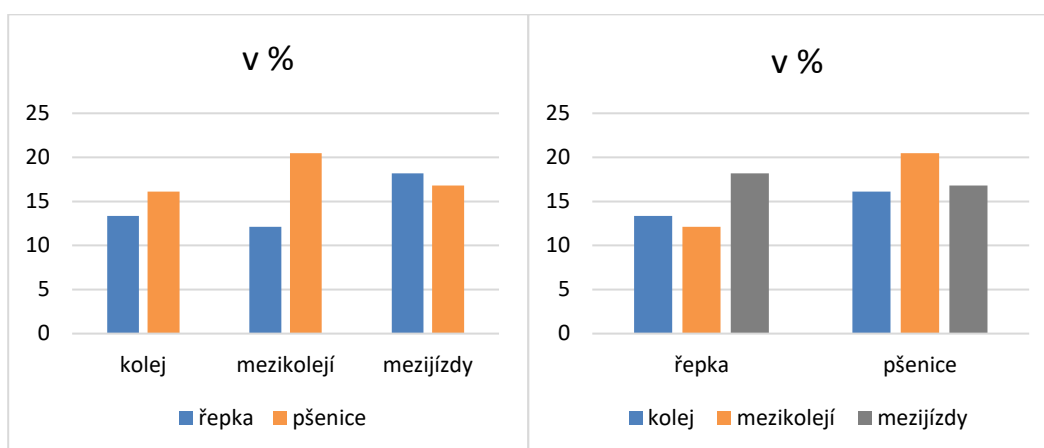
5.2.3 Kapilární póry



Obrázek 18 Zastoupení kapilárních pórů

Kapilární póry jsou póry, které mají schopnost v půdě zadržet vodu a podporují vzlínání vody. Optimální hodnoty jsou u obou plodin mezi 60 až 70 %. U pšenice se tyto hodnoty pohybovaly v daném rozmezí. U řepky byl v kolejích i mezikolejích obsah kapilárních pórů o 12 % vyšší než v mezijízdě. To značí, že zde není optimální poměr pórů a bude zde podporováno více vzlínání vody.

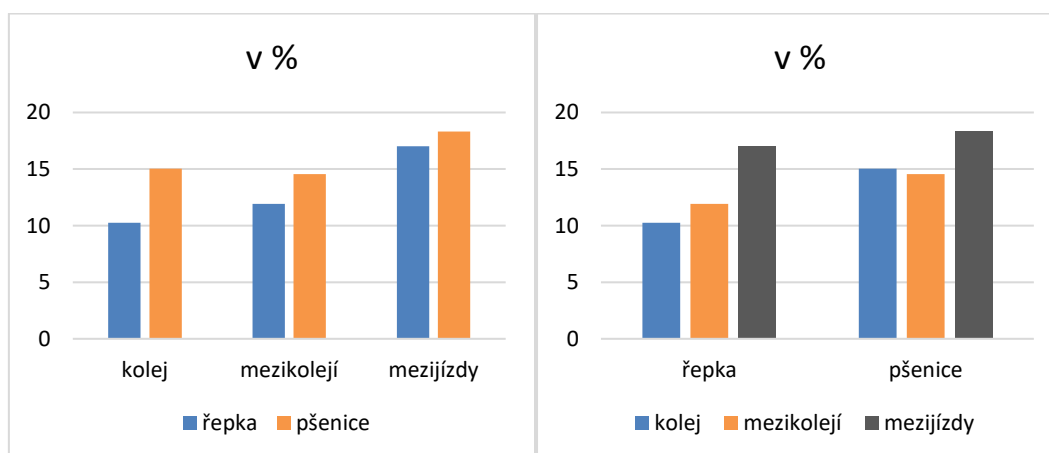
5.2.4 Semikapilární póry



Obrázek 19 Zastoupení semikapilárních pórů

Semikapilární póry umožňují dobré vnikání vody do půdy a jejím zadržením umožňují nasycení kapilárních pórů do větších hloubek. Optimální zastoupení by mělo být asi 1/6 z celkové pórovitosti. U pšenice je této hodnoty dosahováno, jen v mezikolejí je tato hodnota mírně vyšší. U řepky je hodnota optimální v mezijízdách. V mezikolejí a koleji jsou hodnoty horší.

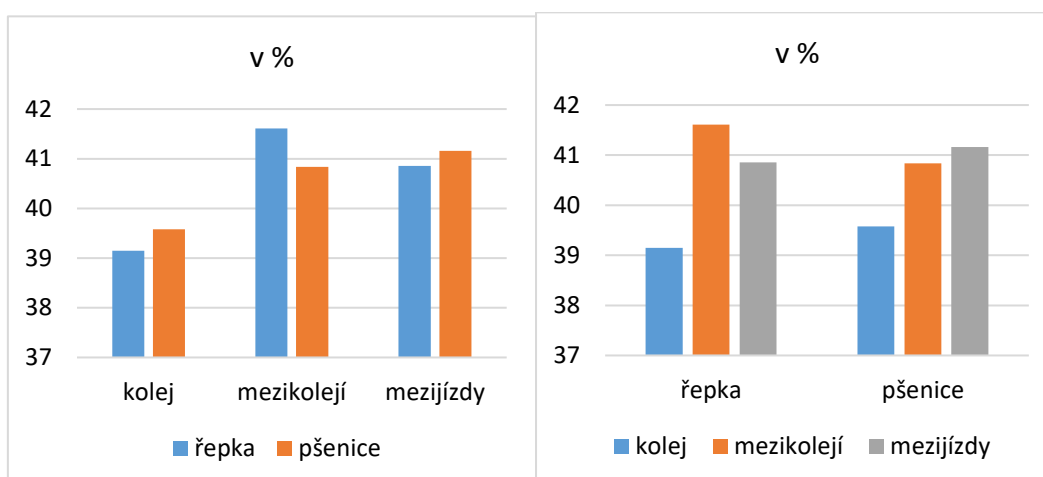
5.2.5 Nekapilární póry



Obrázek 20 Zastoupení nekapilárních pórů

Nekapilární póry umožňují vnikání vody do větší hloubky v půdě. Zastoupení by měla být asi 1/6 z celkové pórovitosti. V kolejích a mezikolejích řepky bylo zastoupení nekapilárních pórů nižší než optimální. Díky většímu poměru kapilárních pórů v těchto dvou variantách se nemůže voda tak dobře zasakovat do půdy jako v poslední variantě – mezijízdě. U pšenice byl poměr ve prospěch mezijízd stejně jako u řepky. Celkově má ale lepší stav rozložení pórů pšenice.

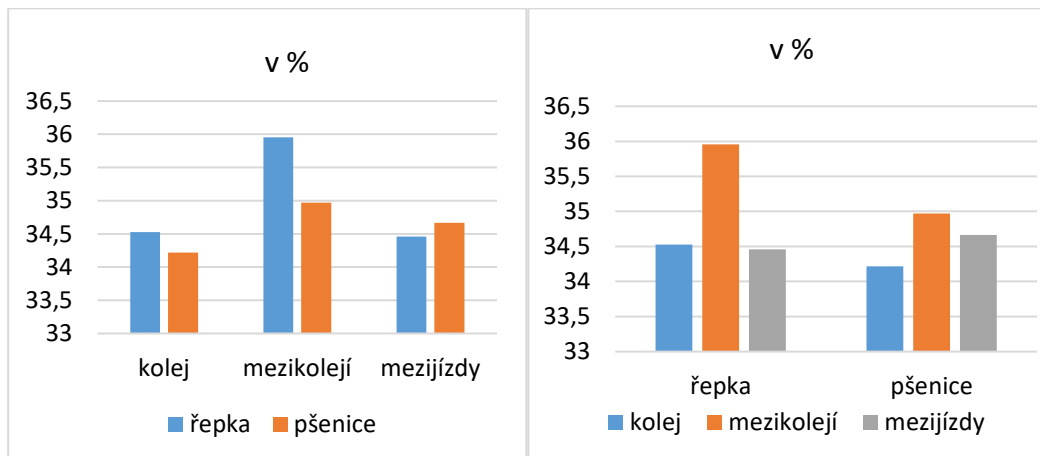
5.2.6 Plná vodní kapacita



Obrázek 21 Plná vodní kapacita

Tento hydrolimit vymezuje stav půdy, kdy je plně nasycena vodou a už žádnou další nepřijímá. Nejlepší je v tomto ohledu mezikolejí u řepky, a to díky semikapilárním pórům, které zadrží největší množství vody. Koleje u řepky i pšenice mají tento hydrolimit nejnižší z důvodu utužení a nižšího obsahu pórů.

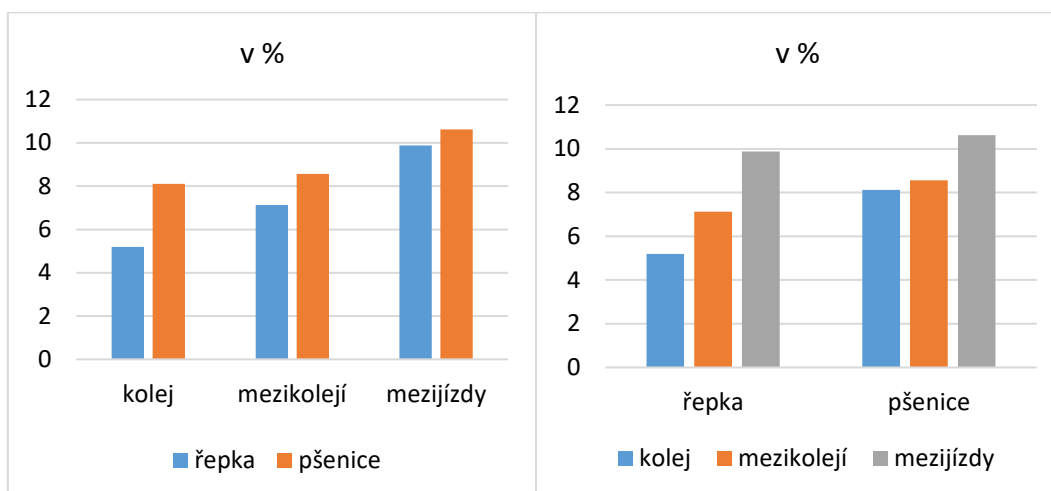
5.2.7 Maximální kapilární vodní kapacita



Obrázek 22 Maximální kapilární vodní kapacita

Tento hydrolimit vyjadřuje schopnost půdy zadržet maximální množství vody pro potřeby vegetace po 2 hodinách po odtékání z plně nasycené půdy. Nejlepší je tato schopnost u půdy v mezikolejích u řepky. Naopak nejhorší v koleji u pšenice. Na tomto výsledku se podílí především maximální kapilární vodní kapacita.

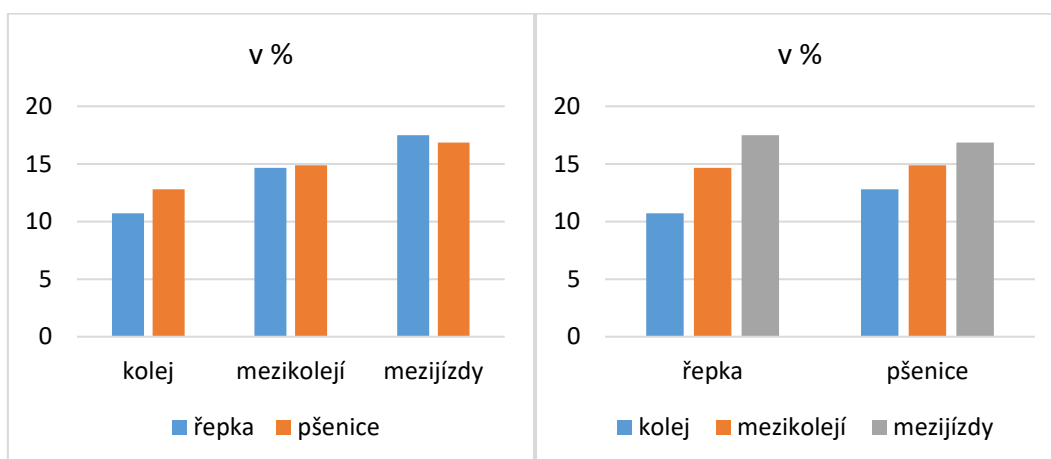
5.2.8 Minimální vzdušná kapacita



Obrázek 23 Minimální vzdušná kapacita

Tato hodnota je provzdušněností půdy při maximální kapilární vodní kapacitě. Při maximální kapilární vodní kapacitě je třeba, aby půda obsahovala i vzduch pro potřeby rostlin. Nejlepší hodnoty jsou u mezijízd u obou plodin a nejhorší v kolejích řepky. V mezikolejí obou plodin se minimální vzdušná kapacita snižuje. Proto je nutno brát do úvahy i zhoršení této vlastnosti v mezikolejí.

5.2.9 Provzdušněnost



Obrázek 24 Provzdušněnost

Provzdušněnost půdy je aktuální množství vzduchu v půdě. V ornici by měla být provzdušněnost mezi 18 až 24 %. Při poklesu pod 10 % je vhodný agromeliorační zásah. Nejbližší hranici 18 procent je mezijízda u řepky. Naopak nejhorší je stav v kolejích řepky. V mezikolejí je stav vždy horší než v mezijízdách a lepší než v kolejích.

6 DISKUZE A ZÁVĚR

Rozbory půdy potvrdily, že byl experiment prováděn na stejných pozemcích z hlediska BPEJ. Zjištěné hodnoty odpovídají BPEJ 3.01.00. Zjištěná zrnitost vzorků byla klasifikována podle Nováka pro půdy hlinité. Tak to bylo ve všech vzorcích s minimálním rozptylem hodnot. Obsah humusu byl zjištěn u pšenice 2,13 % a u řepky 2,89 %. Toto rozmezí hodnot je podle BPEJ, kdy je uváděn obsah humusu 2-5 %. To znamená dle klasifikace obsah střední až vysoký. Hodnoty pH byly v řepce 6,9 a v pšenici 7,2. U této BPEJ má být rozmezí 6,6 až 7,2. Hodnoty v pokusu odpovídají BPEJ. Pórovitost dosahovala hodnot od 39 do 45 %. Nejnižší hodnota byla naměřena v kolejích řepky. Pro tuto BPEJ se uvádí pórovitost 43 až 48 %. V tomto parametru už je vidět zhoršení půdních vlastností v kolejích řepky oproti standardní hodnotě. Maximální kapilární vodní kapacita dosahovala v pokusu hodnot od 34 do 36 %. Podle BPEJ by se hodnoty měly pohybovat v rozmezí 32 až 37 %. V tomto parametru je půda v pořádku.

Podle Javůrka a Vacha (2008) by měla být u ozimé pšenice hodnota objemové hmotnosti redukované (OHR) v optimu 1,45 až 1,50 g.cm⁻³, riziková je hodnota 1,60 g.cm⁻³. V pokusu se pohybovala OHR u pšenice v hodnotách 1,46 až 1,53 g.cm⁻³. Tyto hodnoty nepředstavují pro pěstování pšenice problém a jsou v normálu. U řepky, která vytváří kulový kořen, je potřeba, aby dosahovala OHR hodnot nižších než u pšenice. V pokusu se hodnoty pohybovaly v rozmezí 1,47 až 1,60 g.cm⁻³. Nejvyšší hodnota byla v kolejích, kde řepka neroste, ale půda je ovlivněna i v mezikolejích, kde rostliny jsou.

V pokusu Kovaříčka a kol. (2013) publikovaného v časopise Mechanizace zemědělství (5/2013) byl zkoumán vliv přejezdů na infiltraci srážkové vody. V pokusu je uvedeno, že se OHR na lehké půdě v hloubce 10 cm pohybovala mimo stopy traktoru na hodnotě 1,49 g.cm⁻³ a ve stopě 1,62 g.cm⁻³. Bylo to zkoušeno na pozemku v porostu pšenice ozimou. Hodnoty jsou i přes jinou půdu podobné těm, které jsme získali v našem experimentu. U pórovitosti byl v práci Kovaříčka rozdíl mezi koleji a porostem 5,1 %. V našem experimentu bylo dosaženo u pšenice rozdílu 3 % a u řepky 5,2 %. Tento pokles pórovitosti v kolejích je také podobný. U minimální vzdušné kapacity (MVK) naměřili hodnoty v koleji 9,5 % a mimo koleje 10,5 %. V našem případě bylo v hloubce 10 cm v kolejích pšenice naměřeno MVK 8,2 % a mimo koleje pšenice 10,6 %. Tyto hodnoty jsou také podobné. Z jejich závěrů také vyplývá, že utužení kolejových řádků zhoršuje infiltrační schopnost půdy v kolejích oproti neutužené půdě. Tento závěr se dá aplikovat i na naši práci. Díky podobnému utužení půdy v kolejových řádcích se dá předpokládat i podobný průběh infiltrace srážkové vody.

V kolejích dochází také dříve k odplavení zeminy, hlavně když jsou kolejové řádky vedeny po spádnicí, a ne po vrstevnici.

V dřívějším pokusu Kovaříčka a kol. (2011) publikovaném také v časopise *Mechanizace zemědělství* (8/2011), kdy zkoumali technologii řízených pohybů po pozemku na středně těžké půdě, stejně jako v našem experimentu vyhodnocovali půdní fyzikální vlastnosti v kolejích a mimo koleje. Na pozemcích měli zasetý hrách a později ozimou pšenici. OHR v kolejích jim vyšlo $1,54 \text{ g.cm}^{-3}$ a mimo koleje $1,28 \text{ g.cm}^{-3}$. Musíme ale brát v potaz, že u hrachu je vyžadována nižší OHR než u pšenice. Hodnota OHR byla v koleji větší než mimo kolej.

Při zkoumání odebraných vzorků v naší lokalitě se ukázal vliv pěstování pšenice a řepky na půdní fyzikální vlastnosti. Z výsledků vyplývá, že v kolejových řádcích řepky dochází k nárůstu OHR, snížení pórovitosti, zhoršení minimální vzdušné kapacity, provzdušněnosti a maximální kapilární vodní kapacity. U OHR bylo zvýšení v kolejích asi o 8 % oproti mezijízdám. V prostoru mezikolejí dochází také ke zhoršení půdních fyzikálních vlastností. Zhoršení už není tak výrazné oproti mezijízdám jako u kolejí, přesto je patrné. V případě maximální kapilární vodní kapacity, která byla v mezikolejích řepky nejvyšší, je třeba brát v úvahu nejlepší schopnost zadržovat vodu po dešti oproti mezijízdám a koleji. U rozložení pórovitosti v řepce se ukazuje, že utužení půdy v kolejích mění rozložení pórů. Zvýšil se podíl kapilárních pórů vůči nekapilárním a semikapilárním. Tím, že je půda více utužena, se velké nekapilární póry mění na semikapilární a semikapilární na kapilární. Ve výsledcích u pšenice se projevilo také zhoršení půdních fyzikálních vlastností v kolejích v porovnání s mezijízdami. V kolejích pšenice byla OHR o 5 % vyšší než v mezijízdách. I to značí zhoršení půdních fyzikálních vlastností. Další parametry jako pórovitost, minimální vzdušná kapacita a provzdušněnost byly také horší v kolejích než v mezijízdách. V mezikolejích dochází k podobné situaci jako u řepky, kdy je oproti mezijízdám také zhoršená OHR, pórovitost a provzdušněnost. Snížení celkové pórovitosti v kolejích v porovnání s mezijízdami je 3 %. Změna rozložení pórovitosti není v kolejích pšenice ve srovnání s mezijízdami pšenice tak výrazná jako u řepky.

Na pozemku, kde se pěstovala pšenice, vykazovala půda celkově lepší půdní fyzikální vlastnosti. Především u OHR, pórovitost, provzdušněnost a minimální vzdušná kapacita dle výsledků vycházela lépe v mezijízdách pšenice než u řepky. Plná vodní kapacita a maximální kapilární vodní kapacita dle výsledků v řepce. Obsah humusu byl vyšší v porostu řepky, kde

je to díky kořenům řepky. Koleje řepky vykazovaly v porovnání s kolejemi pšenice vyšší utužení jak v rámci pozemku, tak i v porovnání plodin. Pšenice vykazuje v porovnání porostů lepší stav půdy a půdních fyzikálních vlastností.

Pro nápravu utužení kolejí řepky a pšenice se nabízí několik variant uskutečnitelných v praxi. Tím, že je půda utužena jen přímo v koleji, ale i v prostoru mezi kolejemi je možnost po sklizni udělat ještě před podmítkou hlubší kypření kolejových řádků. Tím by se napravil stav půdy vzniklý během roku při ochraně rostlin a hnojení. Tím by se ušetřily náklady na hlubší kypření celého pozemku. Při záběru kypřiče 3 metry a záběru postřikovače 24 metrů to znamená zpracování plochy asi 12,5 % z celkové výměry pozemku. V systému, kde se kolejové řádky zakládají s každou plodinou nově, a ne vždy na stejném místě, se tímto můžeme vyhnout problémům při vzcházení další plodiny. Někdy bývá na pozemcích patrné, kde se v předchozím roce nacházely kolejové řádky a je to vidět v porostech. Dalším možným opatřením je snížení počtu vjezdů na pozemky při nevhodné vlhkosti půdy. Při jarním přihnojování je potřeba využít ranních a nočních přímrazků. Když je půda zmrzlá, tak trpí nejméně na ztuhnutí po pojezdech mechanizace. Díky hnojivům se stabilizovaným dusíkem se dá také snížit počet aplikací, a tedy i vjezdů. Při použití této technologie hnojení se může u řepky omezit vjezd i na 2 aplikace hnojiva. V chemické ochraně se dá docílit snížení počtu vjezdů přípravou tankmixů více přípravků na ochranu rostlin. Je ovšem potřeba postupovat podle doporučení jednotlivých výrobců POR, vždy zde totiž hrozí různá rizika. Tím je myšleno hlavně zvýšení fytotoxicity nebo možnost sražení přípravků v nádrži postřikovače. Další možností, jak snížit utužení půdy, je používání větších pracovních záběrů strojů na ochranu rostlin a hnojení. Šířka stop zůstane podobná jako při menším záběru, ale sníží se plocha potřebná k hlubšímu kypření.

Závěrem lze z předložených výsledků usuzovat, že pěstování řepky má na půdu negativnější vliv než pěstování pšenice v hodnocených půdních fyzikálních vlastnostech. Kolejové řádky jsou u obou plodin více utuženy než mezijízdy. V mezikolejích dochází také k utužení půdy. Pšenice přesto vykazuje i v kolejích a mezikolejích lepší půdní fyzikální vlastnosti než řepka na stejných pozemcích. V diskuzi s pracemi podobného zaměření vychází výsledky obdobně a koleje jsou utuženější než zbytek porostu.

7 POUŽITÁ LITERATURA

HRAŠKO, J. *Rozbory pôd*. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, 1962. Rastlinná výroba (Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry).

HŮLA, J., MAYER V., 1999: *Technologické systémy a stroje pro zpracování půdy*. Vyd. 1. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 35 s. Mechanizace ISBN 80-7105-187-x.

HŮLA, J. *Půdochranné technologie zakládání porostů plodin: (technika v půdochranných technologiích): (studijní zpráva)*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2000. Studijní informace. ISBN 80-7271-060-5

HŮLA, J., PROCHÁZKOVÁ B. a KOVAŘÍČEK P. *Minimalizační a půdochranné technologie*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2004. ISBN 80-86884-01-5.

HŮLA, J. a PROCHÁZKOVÁ B. *Minimalizace zpracování půdy*. Praha: Profi Press, 2008. ISBN 978-80-86726-28-1.

HŮLA, J. *Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí: uplatněná certifikovaná metodika*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2010. ISBN 978-80-86884-53-0.

HŮLA a kol. *Agritech science: odolnost půdy vůči zhutňování při řízených přejezdech strojů*. 2011, 2011(1).

HŮLA a kol. *Farmář: Snížení rozsahu zhutňování půdy*. 2016, 2016(9). *Odborný časopis*. Praha: Profi Press s.r.o.

JANDÁK, J., POKORNÝ E. a PRAX A. *Půdoznalství*. Vyd. 3., přeprac. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2010, 143 s., [2] s. obr. příl. ISBN 978-80-7375-445-7.

JANDÁK, J.. *Cvičení z půdoznalství*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003, 92 s. ISBN 80-7157-733-2.

JAVŮREK, M. a VACH . *Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2008. ISBN 978-80-87011-57-7.

KOVAŘÍČEK a kol. *Mechanizace zemědělství: Snížení propustnosti zhutnělé půdy v jízdních stopách strojů*. Profi Press, 2003, 2013(5). *Odborný časopis pro zemědělskou a lesnickou techniku*. Praha: Profi Press s.r.o. ISSN 0373-6776

KOVAŘÍČEK, P. *Systém hospodaření s cílem omezit nežádoucí zhutnění půdy a zvýšit propustnost půdy pro vodu: uplatněná certifikovaná metodika*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2014. ISBN 978-80-86884-78-3.

KROULÍK, M. a kol. *Pracovní postupy pro omezení zhutnění půdy a erozní ohrožení Mechanizace zemědělství, číslo 4, rok 2009 Odborný časopis pro zemědělskou a lesnickou techniku*. Praha: Profi Press s.r.o. ISSN 0373-6776.

KUTÍLEK, M. *Vodohospodářská pedologie*. Praha: SNTL-ALFA, 1978. 295 s.

LHOTSKÝ, J. a kol. *Soustava opatření k zúrodňování zhutněných půd*. Metodika ÚVITZ 14/1984

POKORNÝ, E., ŠARAPATKA B. a HEJÁTKOVÁ K. *Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku: metodická pomůcka*. Náměšť nad Oslavou: ZERA - Zemědělská a ekologická regionální agentura, 2007. ISBN 8090354858.

POSPÍŠILOVÁ L., VLČEK V., HYBLER V., HÁBOVÁ M., JANDÁK J.: Standardní analytické metody a kritéria hodnocení fyzikálních, agrochemických, biologických a hygienických parametrů půd (2016): *Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendeliannae Brunensis IX*, 2016, 3. Brno. 123 s. ISBN 978-80-7375-438-4

PRAŽAN R. a kol. *Mechanizace zemědělství: Hlavní faktory technogenního zhutnění půdy*. 2013, 2013(12). *Odborný časopis pro zemědělskou a lesnickou techniku*. Praha: Profi Press s.r.o. ISSN 0373-6776.

PRAŽAN R. a kol. *Mechanizace zemědělství: Styčná plocha pneumatik, počet přejezdů a utužení půdy*, 2014, 2014(1). *Odborný časopis pro zemědělskou a lesnickou techniku*. Praha: Profi Press s.r.o. ISSN 0373-6776.

ŠARAPATKA, B. a BEDRNA Z.. *Kvalita a degradace půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2002. ISBN 80-244-0584-9.

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

ŠIMON, J. *Zakládání porostů obilnin novými (zjednodušenými) technologiemi*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2001. *Zemědělské informace*. ISBN 80-7271-081-8.

VOPRAVIL, J. a kol. *Půda a její hodnocení v ČR díl II*. 1.vyd. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 2011, 156s. ISBN 978-80-87361-08-5.

VOPRAVIL, J. a kol. *Půda a její hodnocení v ČR 1. díl*. 2. vyd. Praha, 2010, 148s. ISBN 978-80-87361-05-4.

ZBÍRAL, Jiří. *Analýza půd: jednotné pracovní postupy*. Vyd. 2., přeprac. a dopl. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 2004. ISBN 80-86548-60-0.

Internetové zdroje

BPEJ 3.01.00. *Vumop.cz* [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://bpej.vumop.cz/30100>

CTF. <Http://www.controlledtrafficfarming.com/Home/Default.aspx> [online]. 2017 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.controlledtrafficfarming.com/Home/Default.aspx>

Definitivní údaje o sklizni zemědělských plodin - 2016. <Https://www.czso.cz/csu/czso/domov> [online]. [cit. 2017-04-20].

MŽP ČR, *Definice půdy*. [online]. 2017 [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/definice_pudy

Ortomapa. *Mapy.cz* [online]. 2017 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=16.9650901&y=49.2570051&z=16&base=ophoto>

Přehled ZPF 2016 <Http://www.cuzk.cz/Periodika-a-publikace/Statisticke-udaje/Souhrne-prehledy-pudniho-fondu.aspx> [online]. 2017(1) [cit. 2017-04-20].

8 SEZNAM PŘÍLOH

Seznam obrázků

Obrázek 1 Zastoupení jednotlivých frakcí v půdě (Prax, 2010).....	10
Obrázek 2 Plochy jednotlivých kultur v roce 2016	23
Obrázek 3 Vývoj ploch obilovin (ČSÚ, 2017).....	24
Obrázek 4 Vývoj ploch olejnin a okopanin (ČSÚ, 2017).....	24
Obrázek 5 Plocha přejezdů orba (vlevo) a minimalizace (vpravo), (Kroulík, 2011)	29
Obrázek 6 Schéma použití CTF (CTF.com).....	29
Obrázek 7 Mapa KR 3 (VÚMOP).....	31
Obrázek 8 Mapa odběrů, celkový pohled (mapy.cz).....	37
Obrázek 9 Místo odběrů ozimá pšenice, hon Drvárna (Mapy.cz).....	37
Obrázek 10 Místo odběrů ozimá řepka, hon Blata (Mapy.cz)	38
Obrázek 11 Schéma postupu při odběru neporušených vzorků	38
Obrázek 12 Zrnitostní křivky odběru 7. 4. 2016	43
Obrázek 13 Zrnitostní křivky odběru 21. 7. 2016	44
Obrázek 14 pH KCl.....	45
Obrázek 15 pH a obsah humusu.....	45
Obrázek 16 Grafy objemové hmotnosti redukované.....	46
Obrázek 17 Pórovitost	47
Obrázek 18 Zastoupení kapilárních pórů.....	47
Obrázek 19 Zastoupení semikapilárních pórů	48
Obrázek 20 Zastoupení nekapilárních pórů.....	48
Obrázek 21 Plná vodní kapacita	49
Obrázek 22 Maximální kapilární vodní kapacita	49
Obrázek 23 Minimální vzdušná kapacita	50
Obrázek 24 Provdušňenost	50
Obrázek 25 pšenice, Drnovice, 29. 4. 2016, foto: autor	59
Obrázek 26 řepka, Drnovice 27. 2. 2017, foto: autor	59
Obrázek 27 řepka, 3. 3. 2017, Drnovice, stopy po přejezdu stroje se širokými pneumatikami, foto autor	60
Obrázek 28 Porost pšenice při prvním odběru 7. 4. 2016	60
Obrázek 29 Porost pšenice při druhém odběru 21. 7. 2016.....	61
Obrázek 30 Odběr vzorků pšenice 21. 7. 2016.....	61
Obrázek 31 stav k 21. 7. 2016	62
Obrázek 32 stav řepky k 21. 7. 2016.....	62
Obrázek 33 Odběr v mezijízdách řepky 21. 7. 2017	63
Obrázek 34 Odběr 21. 7. 2016 v koleji a mezikolejích řepky	63
Seznam tabulek	
Tabulka 1 Klasifikační stupnice zrnitosti (Novák, 1953).....	11
Tabulka 2 Rozdělení pórů podle velikosti a sacího napětí vody (Prax, 2010)	12
Tabulka 3 Optimální poměry pórů u obilovin (Pokorný, 2007).....	12

Tabulka 4 Kritické hodnoty objemové hmotnosti redukované pd vyjadřující škodlivé hutnění (Lhotský, 1984)	14
Tabulka 5 Hodnocení strukturního stavu horizontu středně těžkých a těžkých půd (Kutílek, 1978).....	14
Tabulka 6 Objemová procenta, (Šarapatka, 2014)	19
Tabulka 7 Přípustná a riziková objemová hmotnost půdy pro některé plodiny u středně těžkých půd (Javůrek, Vach, 2008)	22
Tabulka 8 Vlastnosti HPJ 03 (VÚMOP)	32
Tabulka 9 Plocha utužené půdy v kolejích	34
Tabulka 10 Hodnocení pH (Zbíral, 2004)	40
Tabulka 11 Hodnocení obsahu humusu v půdě (Kutílek, 1978).....	40
Tabulka 12 Zrnitostní rozbor 7. 4. 2016.....	42
Tabulka 13 Zrnitostní rozbor 7. 4. 2016.....	42
Tabulka 14 Zrnitostní rozbor 21. 7. 2016.....	43
Tabulka 15 Zrnitostní rozbor 21. 7. 2016.....	44

9 PŘÍLOHY

Fotografie utužení půdy v kolejových řádcích při vjezdu mechanizace při nepříznivých podmínkách



Obrázek 25 Pšenice, Drnovice, 29. 4. 2016, foto: autor



Obrázek 26 Řepka, Drnovice 27. 2. 2017, foto: autor



Obrázek 27 Řepka, 3. 3. 2017, Drnovice, stopy po přejezdu stroje se širokými pneumatikami, foto autor

Fotografie z odběrů půdních vzorků v pšenici



Obrázek 28 Porost pšenice při prvním odběru 7. 4. 2016



Obrázek 29 Porost pšenice při druhém odběru 21. 7. 2016



Obrázek 30 Odběr vzorků pšenice 21. 7. 2016

Fotografie z odběrů půdních vzorků v řepce



Obrázek 31 Stav k 21. 7. 2016



Obrázek 32 Stav řepky k 21. 7. 2016



Obrázek 33 Odběr v mezijzdách řepky 21. 7. 2017



Obrázek 34 Odběr 21. 7. 2016 v koleji a mezikolejích řepky

