

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 – Zemědělství
Studijní obor: Zemědělská a dopravní technika: Obchod, servis a služby
Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky
Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Porovnání orebné a bezorebné technologie
zpracování půdy z hlediska jejího zhutnění

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Tomáš Zoubek
Autor bakalářské práce: Václav Mach

České Budějovice, 2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Václav MACH**
Osobní číslo: **Z16112**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **ZDTb-16 - specializace Zemědělská technika**
Název tématu: **Porovnání orebné a bezorebné technologie zpracování půdy z hlediska jejího zhutnění**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Student bude sledovat v průběhu roku vývoj zhutnění půdy na zemědělském pozemku. Tento zemědělský pozemek bude rozdělen na dvě části, kde jedna část bude zpracována bezorebnou a druhá část orebnou technologií.

Cílem této práce je porovnání orebné a bezorebné technologie zpracování půdy z hlediska jejího zhutnění na vybraném pozemku.

V teoretické části práce student shrne dosavadní poznatky ve zkoumané problematice.

V praktické části práce by měl student:

- průběžně měřit zhutnění půdy na obou částech sledovaného pozemku,
- sestavit seznam zemědělské techniky, která se pohybovala na sledovaném pozemku,
- sestavit seznam pracovních operací vykonaných na sledovaném pozemku,
- zpracovat získaná data,
- vhodným způsobem (tabulky, grafy, apod.) prezentovat a okomentovat vyhodnocená data,
- vyhodnotit porovnání orebné a bezorebné technologie zpracování půdy z hlediska jejího utužení.

Rozsah grafických prací: **obrázky, fotografie, grafy dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **40 - 50 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

PROCHÁZKOVÁ, Blanka. Minimalizační technologie zpracování půdy a možnosti jejich využití při ochraně půdy a krajiny: uplatněná certifikovaná metodika. V Brně: Mendelova univerzita, 2011. ISBN 978-80-7375-524-9.

ŽÁK, Štefan. Pestovanie poľných plodín s orbou či bez orby? Piešťany: Centrum výskumu rastlinnej výroby, 2011. ISBN 978-80-7139-149-4.

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

KÖLLER, Karlheinz a Christian LINKE. Úspěch bez pluhu. Přeložil Petr KYNCL. Praha: Zdeněk Makovička - Vydavatelství ZT, 2006. ISBN 80-87002-00-8.

ŠKODA, Vítězslav a Jan CHOLENSKÝ. Konvenční a perspektivní způsoby zpracování a kultivace půdy. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZVž ČSR, 1993. ISBN 80-7105-048-2.

Půda: zdravá, živá, úrodná. Olomouc: Bioinstitut, 2015. ISBN 978-80-87635-31-5.

LHOTSKÝ, Jiří. Zhutňování půd a opatření proti němu: (studijní zpráva).


Praha: ÚZPI, 2000. Studijní informace: rostlinná výroba. ISBN 80-7271-067-2.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Tomáš Zoubek**


Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **18. ledna 2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2019**


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan


JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Bězručnické 1898, 370 05 České Budějovice


doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 8. března 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne

.....

Podpis

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Mgr. Tomášovi Zoubkovi za cenné rady při odborném vedení této bakalářské práce. Dále děkuji podniku Zemědělské družstvo Nemějice za ochotu při umožnění polního pokusu a následnému sběru dat na jejich pozemku.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá technologiemi zpracování půdy, které se v dnešní době na našem území nejčastěji využívají, a jaký vliv mají na zhutnění půdy. Popisuje důvody vzniku zhutnění půd, následky zhutnění a působení zhutnění na půdu jako celek. Také se zaměřuje na opatření proti nežádoucímu zhutnění či jeho následnému odstranění. Dále popisuje základní pracovní operace, kterými jsou orba a kypření. Přiblíženo je zde, na jakém principu orba funguje, základní druhy pluhů a podle čeho je možné orbu rozdělit. Dále způsoby orby, které se uplatňují na pozemcích v různých podmínkách. V neposlední řadě práce poukazuje na výhody a nevýhody tohoto nejběžnějšího zpracování půdy. Stejně tak je pojednáno o technologii kypření, kde jsou uvedeny stroje, se kterými lze půdu zpracovat a co za výhody a nevýhody přináší technologie zpracování půdy bez orby.

Polní pokus provedený za účelem vypracování bakalářské práce, je zaměřen na porovnání orebné a bezorebné technologie zpracování půdy z hlediska jejího zhutnění. Hodnotil se zde penetrometrický odpor, dosažená hloubka při měření a vlhkost půdy. Tyto hodnoty byly naměřeny na pozemku rozděleného podle technologie zpracování půdy. První část byla zpracována konvenčně s orbou a na části druhé byla orba nahrazena kypřením. Výsledky z měření byly následně porovnány v celém profilu měření, poté do hloubky 20 cm, a nakonec ve zbylém horizontu měření. Hodnoty a porovnání jednotlivých měření jsou pro lepší názornost zapsány v tabulkách a znázorněny v grafu.

Klíčová slova: Zhutnění, půda, zpracování půdy, penetrometrický odpor, orba, pluh, kypřič, kypření, vlhkost půdy

Abstract

The bachelor thesis focuses on technologies of soil cultivation which are nowadays most frequently used in our country and what is their influence in soil compaction. It describes reasons of the origins of soil compaction, impacts of the compaction and the effect of compaction on soil as a unit. It also focuses on procedure against unwanted compaction or its following elimination. Subsequently, the thesis describes basic work operations which are plowing and aeration. There are details of the principle how the plough works, basic types of ploughs and the way how we can divide plowing. There are also methods of plowing which are applied in different conditions on land. Last but not least, the thesis points out advantages and disadvantages of this most common soil cultivation. It deals with technologies of aeration as well as it deals with machines which are able to cultivate soil or with technologies of soil cultivation and their advantages and disadvantages in work without a plough.

The field experiment which has been done for drawing up of this bachelor thesis focuses on comparison of ploughing and non-ploughing technologies of soil cultivation in a way of its compaction. There is evaluation of the penetrometric resistance, of the achieved depth in measurement and the soil moisture. These values have been measured on a field which was divided according to the technology of soil cultivation. The first part was done conventionally with the plough and in the second part the plough was replaced with the aeration. The results of the measurement were then compared with the whole soil profile of the measurement, then in the depth of 20 cm and finally with rest the horizon of measurement. Values and comparisons of the individual measurements are for better illustration noted in tables and marked on graph.

Keywords: Compaction, soil, soil cultivation, penetrometric resistance, plowing, plough, cultivator, aeration, soil moisture

Obsah

Úvod.....	10
1 Půda.....	11
1.1 Funkce půdy	11
2 Zhutnění půdy	13
2.1 Penetrometrický odpor půdy	13
2.2 Příčiny zhutnění půdy.....	13
2.3 Následky zhutnění půdy	14
2.4 Opatření proti zhutnění.....	16
3 Orebná technologie zpracování půdy.....	19
3.1 Popis orebního tělesa.....	19
3.2 Rozdělení orby	20
3.3 Způsoby orby.....	21
3.4 Výhody orebné technologie.....	22
3.5 Nevýhody orebné technologie.....	23
4 Bezorebná technologie zpracování půdy	24
4.1 Stroje pro bezorebnou technologii	24
4.2 Výhody bezorebné technologie	27
4.3 Nevýhody bezorebné technologie	27
5 Cíl práce	28
6 Metodika	29
6.1 Popis pokusného pozemku	29
6.2 Pracovní operace provedené na pokusném pozemku.....	29
6.3 Rozdělení pokusného pozemku.....	34
6.4 Příklad	34
6.5 Postup měření	36
6.6 Zpracování dat.....	36

7	Výsledky a diskuze	38
7.1	Měření před zpracováním půdy.....	38
7.2	Měření po zpracování půdy	41
7.3	Porovnání výsledků	45
7.4	Závěrečné měření	57
	Závěr	62
	Seznam použité literatury.....	64
	Seznam obrázků	65
	Seznam tabulek	66
	Seznam grafů.....	67
	Přílohy	68

Úvod

Půda vždy byla, a v nejbližší době stále ještě bude, jedním z nejcennějších přírodních bohatství, které celému lidstvu umožňuje pěstování plodin nejen za účelem obživy. Bez tohoto zdroje by lidská populace, jež se pořád zvyšuje, nemohla existovat. Z důvodu zvyšování populace je dnes snaha o co nejvyšší výnosy zemědělských komodit, aby nedošlo k nedostatku potravy. Největším problémem je však úbytek půdy, a to především vlivem člověka, který ornou půdu zastavuje. Dalším nezanedbatelným problémem je degradace půdy, která je v dnešní době velmi častá. Jedním z častých problémů je zhutnění půdy, které může vznikat přirozeně, ale častějším původem je pohyb těžkých zemědělských strojů po pozemcích i při špatných podmínkách.

V dnešní době se zemědělci zaměřují na to, jak půdu využít co nejefektivněji, ale zároveň si už také začínají uvědomovat, že z půdy nejde do nekonečna stále jen bezhlavě brát. Proto dochází k zaměření na ochranu půdního fondu proti nepříznivým vlivům, jako je např. zhutnění půdy. Z důvodu velkého počtu zhutněných půd a půd ohrožených právě pedokompakcí se dnes přehodnocují systémy zpracování půdy. Je upouštěno od orby, která vždy byla základní operací na pozemku a začínají se objevovat nové způsoby kultivace a zakládání porostů. Půdoochranné způsoby např. kypření či úplné vynechání zpracování půdy, mají za úkol na půdu působit šetrněji a chránit ji před nepříznivými vlivy jako je zhutnění. Účel těchto technologií je půdu udržovat zdravou, aby i nadále mohla plnit funkci zdroje plodin k výrobě potravin.

1 Půda

Pojem půda je v odborné literatuře popisován mnoha způsoby. Definici půdy poprvé zformuloval v 80. letech minulého století jeden ze zakladatelů světového půdoznalství, Rus V. V. Dokučajev. Ten považoval půdu za „samostatný přírodně-historický útvar, který vzniká a vyvíjí se zákonitým procesem, jenž probíhá působením několika půdotvorných činitelů“. Ze zástupců českých půdoznalců popsal půdu např. V. Novák. Půdu podle něho lze brát jako přírodní útvar, který se vyvíjí z povrchových zvětralin zemské kůry a jehož stavba a složení jsou výsledkem působení klimatu a ostatních půdotvorných faktorů. Obecně je však půda považována za jeden z hlavních a základních přírodních zdrojů a výrobních prostředků člověka. Je to bezpochyby nedomyslitelná část přírodního bohatství pro lidskou existenci. Na půdu je dnes pohlíženo jako na dynamický přírodní útvar, který tvoří svrchní část zemského povrchu. Postupem času se však půda tvoří, vyvíjí a udržuje pod vlivem, jakým na ni působí okolí. V dnešní době má na půdu vliv největším podílem hlavně samotný člověk. (Tomášek, 2007; Kozák, 2009; Šarapatka, 2014)

1.1 Funkce půdy

Funkcí půdy je mnoho, avšak nejdůležitější vlastností a funkcí pro člověka je její úrodnost. V zemědělství je to poskytování plodin k jejich sklizni a dalšímu zpracování. Funkce půdy jsou definovány v návrhu směrnice Evropského parlamentu a Rady Evropy 2004/35/ES 2006/0086 (COD). Souhrn funkcí v tomto návrhu je výsledkem rozsáhlých diskuzí půdoznalců ze všech členských zemí Evropské unie. Půda by tedy měla být schopna plnit následující funkce:

- produkce biomasy,
- akumulace, filtrování a transformace živin, látek a vody,
- zásobárna biodiverzity, jako stanoviště druhů a genů,
- fyzikální a kulturní prostředí pro lidi a lidské činnosti,
- zdroj surovin,
- působení jako zásobárna uhlíku,
- archiv geologického a archeologického dědictví.

Produkce biomasy úzce souvisí s úrodností či produkční schopností půd. Ať už je půda využívána v zemědělství nebo lesnictví, tak je produkce biomasy jedna ze základních a nezastupitelných funkcí. Pojem půdní úrodnost lze definovat jako schopnost půdy poskytovat rostlinám a jiným organismům žijícím v půdě, nezbytné

životní podmínky. Úrodnost je závislá na velkém množství vlastností, které získává během svého vzniku a vývoje. Do těchto vlastností se řadí např. fyzikální, chemické, mineralogické a biologické vlastnosti. (Rada Evropské unie, 2006; Tomášek, 2007; Kozák, 2009)

2 Zhutnění půdy

Zhutnění půdy, jinými slovy kompakce či pedokompakce, je stav půdy kdy dochází k ovlivnění jejích vlastností, mezi které patří:

- objemová hmotnost,
- pórovitost půdy,
- půdní agregáty,
- penetrometrický odpor apod.

Zhutnění půdy často bývá spojováno s negativním vlivem orby na utužení tzv. podbrázdí. V současné době je zhutněním půdy v České republice ohroženo zhruba 49% zemědělského půdního fondu. Z tohoto údaje připadá 30% na ohrožení genetickým zhutněním a zbylých 70%, je přisuzováno zhutněním technogennímu. Kompakce půd je velkým problémem také z toho důvodu, že kompakcí je degradován podorniční horizont. Zhutnění půdy v těchto větších hloubkách je perzistentní a velmi náročně odstranitelné. I přesto, že pedokompakce představuje velkou hrozbu při degradaci půd, tak v mnoha zemědělských podnicích je tomuto problému věnována pouze malá pozornost. (Lhotský a Šimon, 1989; Hůla a Procházková, 2008; Javůrek a Vach, 2008; Ministerstvo zemědělství, 2018)

2.1 Penetrometrický odpor půdy

Pro zjištění stupně zhutnění půdy je využíváno odporu půdy vůči pronikání kužele měřicího zařízení tzv. penetrometru. Zjišťování tohoto odporu má velkou škálu využití např. předpokládání obtížnosti zpracování či zvolení správné technologie pro zpracování půdy. U měření penetrometrického odporu je vycházeno z toho, že je přímo úměrný hustotě uložení částic, souvisí s objemovou hmotností, pórovitostí a vlhkostí půdy. Penetrometrie se doporučuje jako metoda pro určování zhutnělých vrstev v půdním profilu. Z toho vyplývá, že díky tomu můžeme na pozemku určit, zda se zde vyskytuje zhutnělé podorničí a v jaké hloubce. Poté se za pomoci zjištěných údajů mohou vytyčit místa na pozemku, na kterých by bylo vhodné provést opatření proti tomuto zhutnění např. zásahem dlátovým kypřičem, jelikož takto náročný zásah by byl na celém pozemku velmi nákladný. (Hůla et al., 1997)

2.2 Příčiny zhutnění půdy

Příčiny zhutnění půdy mohou být dvojího původu, a to:

- genetické,
- antropogenní.

Genetické zhutnění půdy je přirozený proces a je zapříčiněno z velké části vlastní hmotností půdních vrstev. Také se na něm může podílet mineralogická skladba půdy (obsah vápníku, hořčíku apod.). Z tohoto popisu tedy vyplývá, že ke genetickému zhutnění dochází převážně u těžkých půd, jakou jsou půdy jílovitohlinité, jílovité a jílu.

Antropogenní zhutnění půdy vzniká činností člověka. Ve většině případů to jsou příčiny související s technologiemi dnes využívaných pro práci na zemědělských pozemcích. Z tohoto důvodu je často nazýváno jako technogenní. Jedna z nejčastějších příčin technogenního zhutnění je bezpochyby častý a neorganizovaný pohyb těžkých strojů po pozemku, které svým kontaktním tlakem mohou ovlivnit strukturu a stav půdy jediným přejezdem. Pohyby strojů jsou po poli uskutečňovány především při obdělávání půdy, ošetřování či sklizni plodiny. Na zhutnění tohoto typu se také ve značné míře podílí doprava materiálu po poli, kdy je půda velmi zatěžkávána mechanizací. Dále sem patří zvolení nevhodného pracovního nářadí pro zpracování pozemku, každoroční stejná hloubka orby či pohyb strojů po pozemcích při nevhodné vlhkosti půdy. Do příčin antropogenního zhutnění půdy také spadá špatné nakládání s minerálními hnojivy, tj. neúměrné dávky či špatný výběr hnojiv. Neodmyslitelně sem patří i nedostatek organické hmoty dodávané do půdy (hnůj, zelené hnojení, posklizňové zbytky), špatné tvoření osevních postupů, kde vznikají monokultury a plodiny nejsou střídány, nedostatečné a nevhodné vápnění, ale i podle jiného autora neúměrné zvětšování honů. (Lhotský a Šimon, 1989; Javůrek a Vach, 2008)

Zhutňování je akumulativní proces, při němž se genetické a antropogenní vlivy sčítají. Únosnost podorničí je menší než únosnost ornice. Tento fakt je dán skutečností, že podorničí se každoročně nezpracovává, tudíž je regenerace struktury a stavba podorničí obtížnější a v průběhu času se zde účinky zhutňování sčítají. (Lhotský a Šimon, 1989)

2.3 Následky zhutnění půdy

Následky zhutnění jsou nejvíce patrné u fyzikálních vlastností půdy např. zvýšení objemové hmotnosti. Mezi další nepříznivé jevy způsobené nadměrným zhutněním půdy se řadí:

- zhoršení půdního prostředí,
- zvýšení energetické náročnosti při zpracování půdy,
- zhoršení využívání živin rostlinami,

- nepříznivé ovlivnění výše a jakosti produkce rostlin,
- ovlivnění agrotechnických termínů některých polních operací (setí, sázení či sklizeň).

Negativně působí však i na mimoprodukční neboli ekologickou funkci půdy a to tím, že:

- zpomaluje a omezuje infiltraci vláhy do půdy, což vede k povrchovému odtoku vody a následně k vodní erozi na pozemku se všemi jejími následky,
- snižuje zádržnou (retenční) schopnost půdy,
- urychluje a zintenzivňuje vysychání půdy výparem vody.

Zhutnění se dá také rozlišit podle intenzity na zhutnění strukturální a mikrostrukturální. Při strukturálním, tedy nižším stupni zhutnění jsou agregáty v půdě přibližovány za současného snížení a přerozdělení pórovitosti a zvýšení objemové hmotnosti. Půda zhutněná takovýmto způsobem je často schopna vratných regeneračních procesů. Mikrostrukturální zhutnění je považováno za vyšší stupeň, při kterém dochází k velmi těsnému přiblížení agregátů za jejich současné destrukce včetně mikroagregátů a k vytvoření nestrukturní základní půdní vrstvy. Zhutnění této intenzity prakticky neumožňuje samovolnou regeneraci struktury půdy a je vyžadován zúrodňovací zásah. (Lhotský a Šimon, 1989; Javůrek a Vach, 2008)

Hraniční hodnoty některých fyzikálních vlastností půdy jsou uvedeny v tabulce č. 1. Pokud dojde na pozemku k překročení těchto hodnot, dochází ke špatnému vlivu půdy na rostlinu, na edafon, na efektivní využití hnojiv, ale v konečném důsledku i na výši a jakost výnosů plodin. (Lhotský, 2000; Javůrek a Vach, 2008)

Tabulka 1: Hraniční hodnoty fyzikálních vlastností půdy (Lhotský, 2000)

Fyzikální vlastnost	Půdní druh (obsah částic pod 0,01 mm v %)					
	J	JV-JH	H	PH	HP	P
	>75	75-46	45-39	30-21	20-11	<10
Objemová hmotnost po vysušení (g.cm ⁻³)	> 1,35	> 1,40	> 1,45	> 1,55	> 1,60	> 1,70
Pórovitost (% objem)	< 48	< 47	< 45	< 42	< 40	< 38
Penetrační odpor půdy MPa	2,8-3,2	3,3-3,7	3,8-4,2	4,5-5,0	5,5	> 6,0
Při vlhkosti % hmot.	28-24	24-20	18-16	15-13	12	10

Legenda: J – jíl, JV – jílovitá půda, JH – jílovitohlinitá půda, H – hlinitá půda, PH – písčitohlinitá půda, HP – hlinitopísčitá půda, P – písčitá půda

2.4 Opatření proti zhutnění

Opatření proti zhutnění půdy by podle Javůrka a Vacha (2008) mělo vždy vycházet z rozsahu a stupně postižení. Nejlepší metodou pro určení stavu zhutnění, je již zmiňované penetrometrické měření odporu půdy. Není to však jediný způsob, jak zjistit zhutnění na pozemku. Další způsoby většinou vycházejí z pozorování pole během roku, např. po deštích se nevsakující louže, v jarním období pomalé lokální osychání půdy, mělké zakořenění rostlin – konkrétně u cukrovky, lze pozorovat deformaci bulv a v neposlední řadě zvýšení energetické náročnosti (větší odpor) při zásahu do půdy.

Jedním ze stěžejních opatření proti této degradaci, je dodávání dostatku organické hmoty do půdy. Organická hmota je zásadní pro zabezpečení biologických procesů, jako je např. výživa edafonu. Pozitivně však ovlivňuje všechny půdní vlastnosti, jelikož při jejím rozkladu vznikají huminové kyseliny a ty přispívají k agregační schopnosti půdy. Zlepšuje strukturní stav a odolnost proti zhutnění tím, že se zlepšuje únosnost půdy. (Lhotský a Šimon, 1989; Javůrek a Vach, 2008)

Dalším ze způsobů, kterým se dá předcházet zhutnění půdy, je snižování počtu přejezdů po pozemku. Základem je správná agregace tažného prostředku se stroji, které na poli vykonávají práci, ať už před založením porostu či během vegetace. Uvádí se, že při konvenčním pěstování pšenice ozimé, je každá plocha přejetá zhruba 2,78 krát, při minimalizačním zpracování 2,24 krát a při přímém setí do nezpracované půdy 1,33 krát. Řešení problému s vysokým kontaktním tlakem pneumatik na půdu,

lze řešit použitím dvoumontáží anebo nízkotlakých válcových pneumatik. Tímto opatřením se také snižuje valivý odpor, zlepšují se tahové vlastnosti a svahová dostupnost tažného zařízení. Z toho také vyplývá snížení spotřeby pohonných hmot, naopak ale jsou zde větší náklady na pořízení. Mimo dvoumontáží, lze také aplikovat vynechání některých zásahů nebo spojování pracovních operací do jednoho přejezdu např. příprava půdy a setí, kdy na secím stroji jsou agregovány rotační brány. Dále jsou na pracovní stroje přidávány radličky za stopou tažného prostředku, které ji znovu nakypří.

Organizace pohybu strojů po pozemku je též velmi vhodné opatření. Cílem je pohyb ve stejných stopách všech prostředků, které pojíždějí po pozemku. K tomuto opatření se využívají kolejové meziřádky, ve kterých je prováděn veškerý pohyb mechanizace. K co nejlepšímu využití kolejových meziřádků se využívají GPS navigace, které stroje navádějí co nejpřesněji do stálých stop. Dále je nutné při využití tohoto systému optimalizovat záběry všech strojů, které na pozemku zasahují. Je to např. šířka záběru žací lišty sklízecí mlátičky, pracovní záběr secího stroje, délka ramen postřikovače apod.

Vápnění a dodržování optimální hodnoty pH půdy je dobré opatření vůči zhutnění a poruchám struktury půdy. Vápník pozitivně ovlivňuje agregační schopnosti půdy a zvyšuje stabilitu půdní struktury. Tím se zlepšuje i edafon a celkově má vliv na výnosy pěstovaných plodin.

Agromeliorační opatření k odstranění zhutnění půdy jsou ve většině případů mechanické zásahy do půdy, které zlepšují její vlastnosti. Mezi tyto zásahy patří:

- podrývání – mělké půdy se zhutnělým podorničím, počáteční fáze zhutnění,
- dlátování – zhutnělé podorničí do hloubky 0,45 m, pod kterým je propustná spodina s drenážní schopností,
- hloubkové meliorační kypření – zhutnělé podorničí do hloubky více jak 0,45 m se zhutnělou spodinou.

Následná stabilizující opatření mají za cíl zvýšení účinnosti a prodloužit životnost provedených agromelioračních opatření v podorniční vrstvě. Tyto opatření je možné rozdělit na tři okruhy:

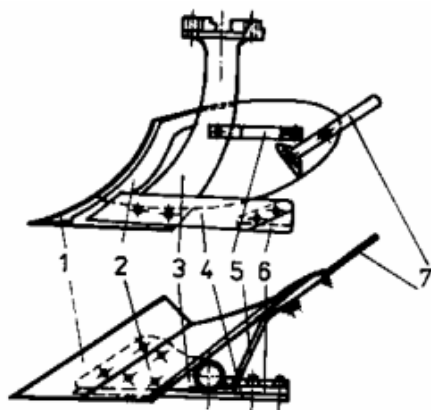
- Fytoefektory (úprava osevního postupu)
- Chemoefektory (vápnění, chemické přípravky)
- Fyzikální efekty (vylehčování půd např. pískování)
(Lhotský a Šimon, 1989; Javůrek a Vach, 2008; Hůla a Procházková, 2008)

3 Orebná technologie zpracování půdy

Orba je základní a nejrozšířenější pracovní operace na pozemku. Využívána je především u tradičního (konvenčního) zpracování půdy. Své využití, však má i v technologiích konzervačních, především při pěstování okopanin. Do profilu zpracovávané ornice jsou zapravovány rostlinné zbytky, výdrol, plevelé, organická a minerální hnojiva. Velký význam má orba především právě při potlačování plevelů, chorob a škůdců plodin. (Hůla et al., 1997; Lhotský a Šimon, 1989)

3.1 Popis orebního tělesa

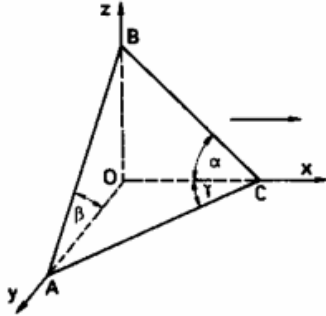
Orba je ve většině případů vykonávána radličnými pluhy, které jsou agregovány s traktorem. Pluh se skládá ze dvou částí. První je část pracovní, ve které se nachází orební těleso spolu s dalšími součástmi jako např. předradlička, krojidlo či podrývák. Druhou částí je nepracovní část, která obsahuje nosný rám a pojezdové ústrojí (v případě, že jde o polonesený pluh). Hlavní práci pluhu vykonává orební těleso, jež je složeno z několika součástí (viz obr. č. 1, kde 1 – čepel, 2 – odhrnovačka, 3 – slupice, 4 – plaz, 5 – vzpěra, 6 – patka, 7 – pero).



Obrázek 1: Orební těleso (Neubauer, 1989)

Tato část radličného pluhu odřezává brázdovou skývu, kterou následně zvedá a posouvá ji do strany. Brázdová skýva má tvar čtyřbokého hranolu, kde výška brázdové skývy je nazývána hloubkou orby a šířka pracovním záběrem orebního tělesa. Podíl hodnot šířky k hloubce představuje orební poměr, který by neměl být nižší než 1,27. V neposlední řadě půdu kypří, drobí, obrací a mísí. Fyzikální princip orebního tělesa je založen na trojstranném klínu (viz obr. č. 2), který lze pro lepší názornost rozdělit na tři klíny dvojstranné. U trojstranného klínu jsou rozeznávány tři úhly a to:

- úhel α – elevační, u kterého je plocha kolmá ke stěně brázdy,
- úhel β – obracecí,
- úhel γ – radličný, který je kolmý ke dnu brázdy a půdu kypří, drobí a odsouvá do strany.



Obrázek 2: Trojstranný klin (Neubauer, 1989)

Největší částí orebního tělesa je odhrnovačka. Existují různé druhy odhrnovaček, které jsou používány podle toho, jaká půda je pluhem zpracovávána. Mezi základní typy patří válcová, kulturní, pološroubovitá, šroubovitá a pásková. (Neubauer, 1989; Hůla et al., 1997)

3.2 Rozdělení orby

Hloubka orby se většinou volí podle stavu půdy a plodiny, před kterou je tento zásah prováděn. Hlavní zásadou u hloubky by mělo být, že není každý rok na jednom pozemku stejná. Hloubku lze rozdělit do několika skupin:

- mělká orba (do 18 cm),
- střední orba (18 – 24 cm),
- hluboká orba (24 – 30 cm),
- velmi hluboká orba (více než 30 cm),
- rigolování (nad 40 cm).

Orbu lze také rozdělit z hlediska termínu provedení na:

- letní orbu – zpravidla mělká orba k mezipločinám či k pločinám po raných bramborách,
- seťovou orbu – provádí se především k ozimým obilninám a řepce,
- podzimní orbu – k jarním pločinám jako jsou kukuřice, brambory, luskoviny apod.,
- jarní orbu – nedoporučuje se, spíše nouzové opatření z časového hlediska, nepřispívá ke správnému hospodaření se zimní vláhou. (Hůla et al., 1997; Lhotský a Šimon, 1989)

3.3 Způsoby orby

Způsob orby se volí podle několika hledisek. Mezi tyto hlediska patří tvar, velikost a svažitost pozemku, vláhové poměry, pločina, termín orby, ale především je to použitá technika pro orbu. Existují tyto tři způsoby orby:

- záhonová orba,
- orba do roviny,
- kombinovaná orba.

U způsobu záhonové orby jsou využívány jednostranné pluh, které skývu překlápějí a odsouvají doprava po směru jízdy. Používají se především na velkých a rovinných pozemcích. Oproti tomu by se neměly využívat k orbě svažitých pozemků, kde hrozí vodní eroze půdy. Hlavní výhodou těchto pluhů je asi o třetinu menší hmotnost, než mají pluh oboustranné, z toho plyne i jejich nižší cena. Naopak jejich nevýhodou je snížená výkonnost, kterou způsobují jízdy naprázdno po souvratích. Při orbě těmito pluh musí být pozemek rozdělen na tzv. záhony (líchy) a tam, kde se tyto záhony stýkají, vznikají buď rozory nebo sklady. V místě rozoru vzniká otevřená brázda, jelikož je půda odsunuta do obou stran. Při tomto způsobu se začíná orat na pravé straně záhonu a je postupováno ke středu záhonu proti směru hodinových ručiček. Na druhou stranu při orbě do skladu je půda z obou stran přihrnuta. Orba tímto způsobem se má začínat uprostřed záhonu, kde se provede tzv. rozorávka, což znamená mělká brázda na šířku několika orebních těles, která umožní urovnání půdy po orbě. Souprava se poté pohybuje po směru hodinových ručiček. Doporučuje se orbu do skladu a rozoru každoročně střídat, aby nedocházelo k vyorávání mrtviny.



Obrázek 3: Otočný oboustranný sedmi radličný pluh Kuhn Vari - Leader

Orbu do roviny, tedy bez vytváření rozorů a skladů, umožňují otočné oboustranné pluhy, viz obrázek č. 3. Oboustranné pluhy jsou osazené pravostrannými a levostrannými orebními tělesy. Z toho důvodu je jejich hmotnost vyšší než u jednostranných. Pozemek se při tomto způsobu začne orat na jedné straně. Poté díky činnosti pravostranných a levostranných orebních těles, které se otáčí při otáčení soupravy, na sebe jednotlivé záběry navazují. Tato orba se hojně využívá na svažitéjších pozemcích jako protierozní opatření. Na těchto polích se začíná orat na vrchním okraji pozemku ve směru vrstevnic a postupuje se z kopce dolů. Díky oboustranným pluhům je brázdová skýva odhrnována proti sklonu svahu, tím se velmi přispívá k ochraně půdy proti vodní erozi, jelikož brázdy ve směru vrstevnic kladou větší odpor srážkové vodě než brázdy ve směru spádnice. Na svahu je také jejich velkou výhodou posouvání celé zpracované vrstvy, proti svahu, tedy opačně, než je půda splavována. Orba do roviny má však své využití i na rovných pozemcích. Díky tomu, že se netvoří rozory ani sklady, tak je možné lépe provést předseťovou přípravu, která se může projevit při pěstování náročnějších plodin, např. cukrovky. (Lhotský a Šimon, 1989; Hůla et al., 1997)

3.4 Výhody orebné technologie

Mezi výhody zpracování půdy orbou zcela jistě patří kvalitní práce ve velkém rozsahu druhů půd při různých půdních vlhkostech. Dále se významně podílí na potlačování plevelů, vzešlého výdrolu předplodiny, chorob a škůdců. Orbou jsou totiž tyto

nežádoucí činitelé, stejně jako veškeré rostlinné zbytky, zaklápěny do půdy. (Hůla et al., 1997; Lhotský a Šimon, 1989)

3.5 Nevýhody orebné technologie

I přesto, že orba kladně působí proti plevelům a výdrolu, tak může naopak vynášet k povrchu půdy semena plevelů z půdní zásoby. Ty pak mohou vzcházet a způsobit zaplevelení, jiným druhem. Nepříznivý vliv má orba především na půdní organismy, jelikož je to razantní zásah do jejich životních podmínek v půdě. Tím se mohou snižovat např. počty žížal či chvostoskoků. Orbou se také ničí systém půdních kapilár, které jsou důležité pro pohyb půdní vody. Nevýhodou je i ukládání veškeré organické hmoty, ale i hnojiv do vrstev, tudíž nejsou rovnoměrně rozptýleny v celém zpracovaném profilu ornice. V neposlední řadě do nevýhod patří utužování podorničí, kde vzniká utužená podorniční vrstva vlivem těžkých orebních těles. Přes tuto vrstvu pak dále nemohou pronikat kořeny rostlin a výrazně ovlivňuje edafon. (Lhotský a Šimon, 1989; Škoda a Cholenský, 1993; Šimon et al., 1999; Hůla et al., 1997; Hůla a Procházková, 2002)

4 Bezorebná technologie zpracování půdy

Technologii pěstování zemědělských plodin, bez zpracování půdy konvenčním radličným pluhem, je v této době věnován velký zájem, a to u velkých i malých pěstitelů. Tento způsob se velmi často nazývá také jako minimalizační či konzervační. Namísto, již zmiňovaného pluhu, je v tomto způsobu hlavním strojem pro zpracování půdy kypřič. Rozdíl není pouze jen ve strojích využívaných u této technologie, ale také hlavně spojování pracovních operací nebo jejich úplné vynechání. Do bezorebné technologie pro podmínky České republiky se podle Hůly a Procházkové (2008) dají zařadit postupy jako:

- minimalizace s kypřením půdy do zvolené hloubky bez obracení,
- půdoochranné zpracování, při kterém nejméně 30% posklizňových zbytků zůstává po zasetí na povrchu půdy,
- přímé setí, kdy je využíváno speciálních strojů pro setí do nezpracované půdy po sklizni předplodiny.

Hlavními myšlenkami tohoto zpracování je redukovat intenzitu základního zpracování půdy bez obracení zpracovávané vrstvy půdy, tudíž kypřit, a snížení přejezdů techniky po pozemku. Snahou bezorebné technologie je tedy dosáhnout stabilnější půdní struktury. Neobracení skývy, jako tomu není u konvenční orby pluhem, má za následek ponechání rostlinných zbytků v blízkosti povrchu nebo přímo na něm. Ponechání těchto zbytků v jakékoliv míře (zde rozhoduje postup zpracování) je žádané z mnoha hledisek. Především je to ochrana povrchu půdy a povrchové vrstvy ornice před nepříznivými vlivy jako je vodní či větrná eroze, přehřívání půdy, rozplavování půdních agregátů apod. (Hůla et al., 1997; Šimon et al., 1999)

4.1 Stroje pro bezorebnou technologii

Při zpracování půdy bezorebnou technologií je hlavním strojem kypřič. Tento stroj může mít různé pracovní nástroje (orgány), kterými mohou být radličky či talíře. Volí se dle potřeby např. podle nakládání s rostlinnými zbytky. Široká nabídka strojů dnes umožňuje výběr přizpůsobit půdním, ale i výrobním podmínkám v zemědělském podniku. Tyto stroje se díky svým různým konstrukčním řešením vyznačují univerzálností, kdy se dají využít jak v systému s orbou např. jako podmítače, tak i v technologii bez orby pro mělké či hlubší kypření. (Hůla a Procházková, 2002)

Mezi stroje pro bezorebnou technologii se řadí talířové kypřiče, které jsou určeny především pro mělké kypření. Pracovními orgány jsou zde tělesa ve tvaru talíře,

kteře mohou být po obvodu hladké nebo se zuby. Tyto talíře při primárním zpracování půdy zanechávají hřebenité dno, proto při opakovaném zásahu by se měl měnit směr jízdy, zpravidla šikmo na předchozí. Na obrázku č. 4 je talířový podmítač Horsch Joker 6 RT.



Obrázek 4: Talířový podmítač Horsch Joker 6RT

Výhodou talířových kypřičů je vysoká plošná výkonnost právě při opakovaném mělkém kypření či podmítce. Výkonnost je podmíněna hlavně pojezdovou rychlostí soupravy až 14 km/h, někdy i vyšší. Talířové podmítače jsou ve většině případů vybaveny i drobicími a utužovacími válci, z toho důvodu není nutné po podmítce zařazovat její ošetření v samostatné operaci. Tyto stroje se však především používají pro podmítku po sklizni obilovin, řepky apod. Kvalitu jejich práce ovlivňuje ve velké míře kvalita sklizně předplodiny. V případě, že na pozemku je nesebraná sláma či špatně rozdrčena a rozptýlena, tak to zhoršuje podmítku. Vlivem toho se následně komplikuje využívání zpracování půdy bez orby.

Radličkové kypřiče představují další skupinu strojů pro bezorebnou technologii. Výběrem pracovních nástrojů je možné zvolit intenzitu kypření a mísení půdy s posklizňovými zbytky. Tyto kypřiče lze tedy použít jak pro zapravení většiny organické hmoty do půdy, tak i pro mělké prokypření půdy a ponechání veškeré biomasy na povrchu půdy jako mulč. Radličky kypřičů velmi často bývají uspořádány ve dvou nebo více řadách a jsou opatřeny pojistkami proti přetížení při práci na mělkých či více kamenitých půdách. Kromě radliček mohou být tyto stroje vybaveny talíři ke zpětnému urovnění povrchu půdy a zapravení rostlinných zbytků,

sekcí prutových bran a drobicím a utužovacím válcem. Radličkové kypřiče, jež jsou určeny hlavně pro mělké kypření, bývají osazeny šípovitými radličkami, které umožňují dobré zpracování půdy i při malé hloubce 6 až 8 cm. S těmito radličkami kypřiče účinně urovňají půdu, a to se kladně projevuje při víceletém využívání technologií bez orby.

Radličkové kypřiče lze však využít i pro intenzivní zpracování půdy do hloubky, která je srovnatelná s orbou. Zde je ovšem rozdíl v tom, že nedochází k obracení zpracovávané vrstvy půdy oproti orbě. Kypřiče pro toto intenzivní zpracování se také označují jako kombinované. Jeden ze zástupců těchto kypřičů je na obrázku č. 5. Dokáží promísit rostlinné zbytky v celé kypřené vrstvě, urovňat povrch půdy a následně pěchem (utužovacím válcem) přiměřeně utužit povrchovou vrstvu půdy pro přípravu lůžka pro osivo. Zpracování těmito stroji je vhodné např. pro kukuřici či řepku. I přesto, že hloubka zpracování bývá srovnatelná s tou při orbě, tak po kypřiči stále zůstává část posklizňových zbytků na povrchu a většina je rozptýlena v horizontu kypření, oproti orbě, kdy jsou všechny zapraveny do půdy.



Obrázek 5: Radličkový kypřič Horsch Terrano 4FX

V bezorebné technologii lze také využít kypřiče, které dokáží půdu kypřit do hloubky 40 cm bez vynášení zeminy z hlubších vrstev k povrchu půdy. Tyto stroje se využívají především pro kypření ztuhlejších vrstev a minimálně narušují povrch půdy. Veškeré rostlinné zbytky jsou ponechány na povrchu a mohou plnit ochrannou funkci. Při zásahu těmito kypřiči, je vždy nutné zohlednit vlhkost půdy, jelikož půda by v době zásahu měla být drobivá. Pokud ale překročí mez plasticity, dochází

k deformacím půdy a její stav se ještě více zhoršuje. Stroje pro takovéto kypření se nazývají dlátové kypřiče, které mohou být různě konstrukčně řešeny. Ve většině případů jsou ale pracovním orgánem dláta připevněná na šikmých slupicích s ostřím. (Hůla a Procházková, 2008)

4.2 Výhody bezorebné technologie

Ekologické výhody této technologie vyplývají především z příznivého vlivu na strukturní stav půdy. S tím úzce souvisí fyzikální vlastnosti půdy jako je objemová hmotnost a pórovitost, které se vlivem tohoto zpracování půdy zlepšují. Přispívá také ke snížení penetrometrického odporu jak v celém profilu zpracování, tak i v podorniči, kde výrazně omezuje zhutnění půdy. Další výhodou je redukce vodní a větrné eroze díky posklizňovým zbytkům, které ve většině případů nejsou zcela zapraveny a chrání povrch půdy. Omezení vyplavování pohyblivých forem dusíku bezesporu patří také mezi výhody. V neposlední řadě patří do ekologických výhod zlepšení stavu půdní organické hmoty (zvýšení obsahu a kvality půdního humusu).

Pro zemědělce jsou také velmi důležité ekonomické výhody. Minimalizační technologie totiž přináší úsporu práce a energie (spotřeba nafty). Úsporu přináší pokles pracovních operací a vyšší výkonnost používaných strojů, které snižují nároky na organizaci práce a i na počty potřebných zaměstnanců v podnicích.

Různé formy minimalizačních technologií zpracování půdy mají široké uplatnění především díky novým konstrukčním řešení strojů. V současné době je velmi široká nabídka strojů, které zajistí kvalitní zpracování půdy a založení porostu i ve velmi specifických podmínkách. (Hůla et al., 1997; Šimon a Hůla, 1999; Hůla a Procházková, 2002; Hůla a Procházková, 2008)

4.3 Nevýhody bezorebné technologie

Hlavní nevýhodou bezorebné technologie je menší odplevelovací účinek oproti orbě. Kypření nedokáže tak dobře ničit plevele a z toho důvodu je nutnost regulovat tyto plevele pomocí agrochemie. Jako nevýhoda se také uvádí zvýšení obsahu organické hmoty v povrchové vrstvě ornice vlivem víceletého využívání pouze mělkého zpracování bezorebnou technologií. S tímto je také spojováno hromadění živin dodávaných průmyslovými hnojivy v blízkosti povrchu půdy. Někdy je také upozorňováno, že vlivem vynechání orby ve vlhčích podmínkách dochází k okyselování půdy v důsledku migrace některých solí vápníku, ale i koloidních částic do spodních vrstev půdního profilu. (Šimon a Hůla, 1989; Hůla et al., 1997)

5 Cíl práce

Cílem práce je zhodnocení naměřených hodnot pomocí penetrometru na pozemku, který byl rozdělen do dvou částí podle technologie zpracování půdy. Sledovanou hodnotou zde byl především penetrometrický odpor. Spolu s odporem půdy byla sledována hloubka měřeného půdního profilu, vlhkost půdy v době měření a množství srážek na daném území. Pro co nejlepší zhodnocení technologií zpracování půdy z hlediska jejího zhutnění byl sběr dat proveden opakovaně, celkem třikrát, při nichž proběhlo 110 měření. Data byla následně vyhodnocena a porovnána s cílem určit, jak se jednotlivé hodnoty během časového úseku změnily a jaký vliv na ně měla technologie zpracování půdy.

Dále má práce za cíl uvést do problematiky zhutnění půd, jaké opatření proti němu lze provést a případně ho odstranit. Práce též obsahuje jak je možné zpracování půdy provádět a jakými stroji je vhodné půdu kultivovat. V neposlední řadě poukazuje na výhody a nevýhody orebného a bezorebného zpracování půdy.

6 Metodika

6.1 Popis pokusného pozemku

Hodnoty pro zpracování bakalářské práce byly naměřeny na pozemku, který využívá ke konvenčnímu hospodaření podnik Zemědělské družstvo Nemějice. Pozemek má vnitropodnikový název Lomy. Leží v bramborářské výrobní oblasti v katastrálním území Nemějice na půdním bloku číslo 750 1120, konkrétně na dílu půdního bloku číslo 8801/5 nedaleko obce Dražič. Rozloha tohoto pole činí 49,24 ha a jako kultura je zde vedena standardní orná půda.



Obrázek 6: Pokusný pozemek (Google, 2019)

6.2 Pracovní operace provedené na pokusném pozemku

Na tomto pozemku bylo prováděno v roce 2012 vápnění při dávce vápna 2 t/ha, také zde byl rozmetán hnůj v roce 2016 v dávce hnoje 35 t/ha rozmetadlem Annaburger HTS 20,79 a John Deerem 7530 Premium. V osevním postupu byla zařazena pšenice ozimá, řepka olejná, ječmen ozimý a kukuřice. V roce 2017/2018 zde byla pěstována řepka olejná odrůdy Factor, jež měla jako předplodinu pšenici ozimou sklizenou sklízecí mlátičkou Case 8010 AxialFlow 3.–5. srpna 2017 s výnosem 4,7 t/ha. Tento malý výnos byl zapříčiněn setím po pozdě sklizené kukuřici na zrno. Po sklizni pšenice byla sbírána sláma pro účely v živočišné výrobě, sběr byl proveden sběracím vozem Krone ZX 450/60 tažený traktorem John Deere 8220. Podmítka pozemku po sběru slámy nebyla provedena z důvodu, co nejčasnějšího zasetí řepky ozimé. Orba bez podmítky probíhala 8.–11. 8. 2017. Orba byla provedena do hloubky 20 cm sedmi radličným poloneseným pluhem Kverneland taženým univerzálním

kolovým traktorem John Deere 8220. Pracovní operace od roku 2012 do srpna 2017 jsou shrnuty v tabulce č. 2.

Tabulka 2: Pracovní operace provedené v letech 2012-2017

Termín pracovní operace	Pracovní operace	Souprava	Váha soupravy	Poznámka
2012	Vápnění	-	-	Dávka 2 t/ha
2016	Hnojení	John Deere 7530 Premium + Annaburger HTS 20,79	6,6 t + 21 t	Dávka 35 t/ha
3. – 5. 8. 2017	Sklizeň	Case IH 8010 AxialFlow	18,6 t	Pšenice ozimá
				Výnos 4,7 t/ha
Srpen 2017	Sběr slámy	John Deere 8220 + Krone ZX 450/60	8,6 t + 15 t	-
8. – 11. 8. 2017	Orba	John Deere 8220 + Pluh Kverneland	8,6 t + 3,2 t	Hloubka 20 cm

Po orbě probíhala 15. a 16. 8. 2017 předset'ová příprava diskovým podmítačem Horsch Joker 6 RT se záběrem 6 m, který byl tažený kolovým traktorem John Deere 6210R. Následující dny, 15. a 17. 8. 2017, byla vyseta řepka o výsevku 2,5 kg/ha. Na setí byla využita souprava traktoru John Deere 8200 s pneumatickým secím strojem Lemken Solitair 9 s pracovní šířkou též 6 metrů. Po zasetí byl aplikován postřik Circuit k regulaci plevelů v dávce 2,5 l/ha, dále byl aplikován přípravek Caramba 1 l/ha pro regulaci porostu a nakonec byl aplikován přípravek Targa Super 0,5 l/ha proti výdrolu pšenice. Všechny zásahy těmito přípravky byly prováděny strojem John Deere 7530 Premium s postřikovačem MGM Holešov s nádrží o objemu 3000 l a rozpětím ramen 24 metrů. Na souvratích pozemku bylo rozmetáno granulované hnojivo Metarex při dávce 5 kg/ha proti slimákům, kteří na malé rostlině řepky škodí požerem a rozmetáno bylo rozmetadlem Amazone neseného traktorem John Deere 6320. Od 15. srpna bylo na pozemku rozmetáno

300 kg směsného minerálního hnojiva (NPK) rozmetadlem Bogballe M2 Plus, které bylo nesené John Deerem 7530 Premium. V tabulce č. 3 jsou shrnuty pracovní operace od 15. srpna do konce září roku 2017.

Tabulka 3: Pracovní operace provedené od 15. srpna do konce září v roce 2017

Termín pracovní operace	Pracovní operace	Souprava	Váha soupravy	Poznámka
15. – 16. 8. 2017	Předset'ová příprava	John Deere 6210R + Horsch Joker 6RT	7,4 t + 5,1 t	Šířka záběru 6 m
15. – 17. 8. 2017	Setí	John Deere 8200 + Lemken Solitair 9	8,1 t + 1,7 t	Výsevek 2,5 kg/ha
19. 8. 2017	Aplikace postřiku	John Deere 7530 Premium + MGM Holešov	6,6 t	Regulace plevelů
				Dávka 2,5 l/ha
Září 2017	Aplikace postřiku	John Deere 7530 Premium + MGM Holešov	6,6 t	Proti výdrolu pšenice
				Dávka 0,5 l/ha
Září 2017	Aplikace postřiku	John Deere 7530 Premium + MGM Holešov	6,6 t	Regulace porostu
Září 2017	Hnojení	John Deere 6320 + Amazonie	4,5 t + 0,2 t	Proti slimákům
				Dávka 5 kg/ha
				Metarex
Září 2017	Hnojení	John Deere 7530 Premium + Bogballe M2 Plus	6,6 + 0,5 t	NPK Dávka 300 kg/ha

Na jaře 2018 došlo k aplikování minerálního hnojiva LAD (ledek amonný s dolomitem) v dávce 200 kg a DASA 200 kg stejným strojem jako na podzim 2017. Postřik na houbové choroby Topsin při dávce 1,4 l/ha a Acanto plus 1 l/ha také na houbové choroby, ale především na hlízenku, byl aplikován strojem Alpha evo od firmy Benagro s. r. o. Stejným strojem proběhlo i lepení lusků přípravkem

Agrovital 0,7 l/ha, dne 15. 6. 2018. Další operací byla sklizeň 17. a 18. 7. 2018. Sklizeň řepky provedla sklízecí mlátička Case IH 8010 AxialFlow a odvoz zajišťovaly dva stroje, a to Zetor 12011 s kontejnerovým návěsem a John Deere 6320 s přívěsem. Výnos řepky na tomto pozemku činil 4,21 t/ha. Po sklizni byla provedena podmítka diskovým podmítačem Horsch Joker 6RT v hloubce 7 cm taženým traktorem John Deere 8220. Pracovní operace za toto období jsou shrnuty v tabulce č. 4.

Tabulka 4: Pracovní operace od ledna do srpna 2018

Termín pracovní operace	Pracovní operace	Stroj	Váha soupravy	Poznámka
Jaro 2018	Hnojení	John Deere 7530 Premium + Bogballe M2 Plus	6,6 t + 0,5t	LAD
				Dávka 200 kg/ha
	Hnojení	Alpha evo	-	DASA
				Dávka 200 kg/ha
	Aplikace postřiku	Alpha evo	-	Houbové choroby 1,4 l/ha Hlízenka 1 l/ha
15. 6. 2018	Aplikace postřiku	Alpha evo	-	Lepení lusků
				Dávka 0,7 l/ha
17. - 18. 7. 2018	Sklizeň	Case IH 8010 AxialFlow	18,6 t	Řepka
				Výnos 4,21 t/ha
21. 7. 2018	Podmítka	John Deere 8220 + Horsch Joker 6RT	8,6 t + 5,1 t	Hloubka 7 cm

Následujícím pracovním úkonem byla orba provedena 4. 9. 2018, která už pro účely bakalářské práce probíhala pouze na části pozemku v hloubce 22 cm, sedmiradličným pluhem Kuhn Vari – Leader v agregaci s John Deerem 8220. Ve dnech 5. a 16. 9. 2018 proběhla podmítka nezorané části pole, z důvodu mechanické regulace výdrolu řepky. Po druhé podmítce bylo aplikováno granulované hnojivo amofos v dávce 82 kg/ha, John Deerem 7530 Premium s rozmetadlem Bogballe M2 Plus, které je vybaveno automatickým vypínáním sekcí. Po druhé podmítce byl dále pokusný pozemek prokypřen kultivátorem Horsch Terrano 4 FX.

Maximální hloubka zpracování půdy tímto kultivátorem je 30 cm. Z důvodu výkonu tažného traktoru John Deere 8220 bylo však kypření prováděno pouze do hloubky 23 cm. Dne 17. 9. 2018 byla také provedena předseťová příprava stejnou soupravou, která se použila na podmítka a 18. a 19. 9. 2018 byla vyseta pšenice ozimá, odrůdy Frisky, s výsevkem 160 kg/ha v hloubce 2,5 cm, pneumatickým secím strojem Lemken Solitair 9 taženého traktorem John Deere 8200. Veškeré provedené pracovní operace od 4. září do konce roku 2018 jsou shrnuty v tabulce č. 5.

Tabulka 5: Pracovní operace provedené od září do konce roku 2018

Termín pracovní operace	Pracovní operace	Stroj	Váha soupravy	Poznámka
4. 9. 2018	Orba	John Deere 8220 + Kuhn Vari - Leader	8,6 t + 3,3 t	Hloubka 22 cm
				Pouze část pozemku
5. 9. 2018	Podmítka	John Deere 6210R + Horsch Joker 6RT	7,4 t + 5,1 t	Hloubka 8 cm
				Pouze část pozemku
16. 9. 2018	Podmítka	John Deere 6210R + Horsch Joker 6RT	7,4 t + 5,1 t	Hloubka 8 cm
				Pouze část pozemku
10. 9. 2018	Hnojení	John Deere 7530 Premium + Bogballe M2 Plus	6,6 t + 0,5 t	Amofos
				Dávka 80 kg/ha
17. - 18. 9. 2018	Kypření	John Deere 8220 + Horsch Terrano 4FX	8,6 t + 4,8 t	Hloubka 23 cm
				Pouze část pozemku
17. 9. 2018	Předseťová příprava	John Deere 6210R + Horsch Joker 6RT	7,4 t + 5,1 t	-
18. - 19. 9. 2018	Setí	John Deere 8200 + Lemken Solitair 9	8,1 t + 2,4 t	Hloubka setí 2,5 cm
				Výsevek 160 kg/ha

6.3 Rozdělení pokusného pozemku

Pro účely bakalářské práce byl pozemek rozdělen na dvě části, které od sebe oddělují sloupy elektrického vedení, jak je vidět na obrázku č. 7.



Obrázek 7: Rozdělení pozemku podle elektrického vedení

Na jedné části byla provedena standardní podmínka a poté orba. Na části druhé byla provedena opakovaná podmínka a poté namísto orby kypření za pomoci radličkového podmiťáče Horsch Terrano 4 FX, který dokáže půdu prokypřit až do hloubky 30 cm.

6.4 Přístroj

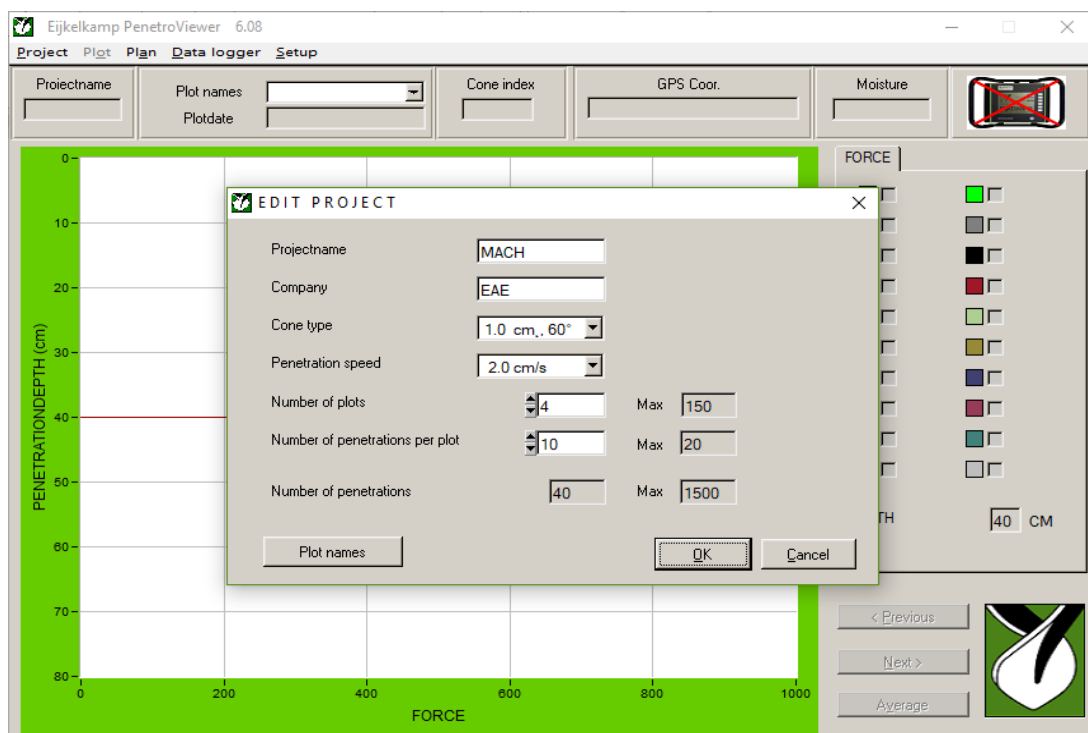
Pro získání dat byl použit měřicí přístroj Penetrologger od nizozemského výrobce Eijkelkamp. Tento přístroj dokáže měřit odpor půdy proti pronikání hrotu do hloubky 80 cm v jednotkách MPa či N/m². Penetrologger je dodáván jako sada v hliníkovém přepravním pouzdře s celkovou hmotností 15 kg. Sada se skládá z vlastního přístroje o váze 3,4 kg, nástroje pro kontrolu hrotů, sondážní tyče složené ze dvou částí, podkladového plátu, sady nářadí, nabíječky baterií, kabelu a softwaru PenetroViewer. Volitelné vybavení je např. sonda k měření vlhkosti půdy či tiskárna do terénu. Přístroj využívá k výpočtu penetrometrického odporu tuto rovnici:

$$\text{Odpor pronikání v MPa} = \frac{\text{Síla (N)}}{\text{Povrch hrotu v cm}^2 \times 100} \quad (1)$$

Před samotným měřením byl na přístroji nebo v softwaru dodávaným s přístrojem nadefinován plán práce, kde bylo uvedeno:

- jméno projektu,
- názvy lokalit,
- použitý hrot,
- rychlost pronikání hrotu do půdy,
- počet lokalit vytyčených k měření,
- počet měření na jedné lokalitě.

Programování plánu pomocí softwaru je vidět na obrázku č. 8. Po naprogramování se plán pomocí propojovacího kabelu nahraje do přístroje. Při měření hodnot byl použit hrot o ploše 1 cm² s vrcholovým úhlem 60°, který je standardně používaný pro zemědělské pozemky. Rychlost pronikání byla nastavena na 2 cm za sekundu. Samotné měření spočívá v zatlačení hrotu na sondážní tyči do půdy. Při tom je třeba dbát na to, aby podkladový plát byl v rovině a aby se přístroj s tyčí zasouval do půdy kolmo. Tomu napomáhá vodováha na svrchu Penetrologgeru a v neposlední řadě musí být dodržena rychlost pronikání, kterou přístroj zobrazuje na svém displeji. Celkem proběhlo 80 měření, nejdříve po sklizni a následně po zasetí a vzejití plodiny.



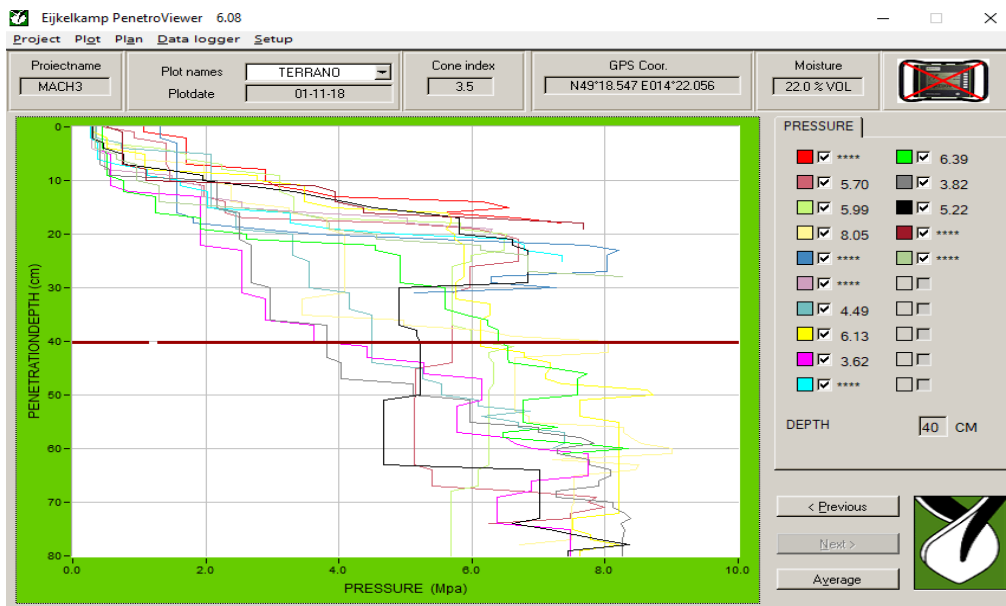
Obrázek 8: Tvorba projektu v softwaru PenetroViewer

6.5 Postup měření

První měření bylo provedeno následující den po sklizni stávající plodiny, ještě před podítkou na té části pozemku, kde byla provedena standardní orba. Na této části, rozdělené do dvou lokalit, proběhlo měření celkem dvacetkrát. Měření započínalo v kolejovém řádku a následně se postupovalo přibližně o 100 cm vedle místa měření, kolmo ke kolejovému řádku. Každé místo měření bylo označeno za pomoci GPS souřadnic, které získává přístroj s přesností do 2,5 m, aby bylo možné provést druhé měření co možná nejpřesněji ve stejných lokalitách. Měření na druhé části pole, která byla zpracována radličkovým podmiťákem, proběhlo stejným způsobem jako na části, kde proběhla orba a bylo zde také provedeno 20 měření. Při prvním měření bylo tedy celkem provedeno 40 měření. Druhé měření se uskutečnilo po zasetí a vzejití plodiny. Provádělo se stejným způsobem jako měření první a na stejných místech, která byla označena během prvního měření. Třetí a zároveň poslední měření proběhlo měsíc po druhém a sloužilo k celkovému zhodnocení penetrometrického odporu půdy po orbě a kypření. U tohoto měření byla určena pouze jedna lokalita na každé polovině. Ovšem na každé bylo provedeno 15 měření na rozdíl od předchozích 10, tudíž při třetím měření proběhlo celkem 30 měření. Pro získání dat k vypracování bakalářské práce bylo provedeno celkem 110 měření.

6.6 Zpracování dat

Získaná data pro účely bakalářské práce byly ihned po měření importována z přístroje do počítače. K importu dat byl použit stejný software a propojovací kabel, jako pro nahrání plánu do přístroje. Po importu se data zobrazila v softwaru dodávaným výrobcem, kde se dal sledovat průběh všech měření nebo pouze vybraných jak je vidět na obrázku č. 9. V tomto programu lze z naměřených dat vytvořit průměrné hodnoty, ale pro účely této práce nebylo možné v tomto softwaru výsledky lépe zpracovat. Z toho důvodu byla data exportována z programu PenetroViewer do textového dokumentu. Z takového dokumentu je bylo možné následně převést do softwaru Microsoft Excel. Zde už se data zpracovávala pomocí jednotlivých funkcí dostupných v tomto tabulkovém procesoru. Příkladem využitých funkcí byl např. aritmetický průměr, hledání maximální hodnoty, suma či počet a mnoho dalších. Jednotlivé výsledky získané z výpočtů se zapisovaly do tabulek, které byly následně formátovány. Následně zde také byly vytvořeny grafy, díky kterým bylo možné pozorovat průběh penetrometrického odporu v závislosti na měřené hloubce.



Obrázek 9: Zpracování dat pomocí PenetroViewer

7 Výsledky a diskuze

Všechna měření penetrometrického odporu a vlhkosti půdy byla provedena na pozemku, který využívá k hospodaření Zemědělské družstvo Nemějice. Sledováno bylo také počasí za pomoci meteostanice umístěné u sídla společnosti v obci Nemějice. Z meteostanice byly využity informace o:

- teplotě vzduchu,
- vlhkosti vzduchu,
- naakumulovaných srážkách od 26. 6. 2018,
- rosném bodě.

7.1 Měření před zpracováním půdy

První měření bylo provedeno 19. 7. 2018, tedy den po sklizni řepky olejné, která zde byla pěstována. Posklizňové zbytky byly rozdrceny drtičem sklízecí mlátičky a rozmetány metači po pozemku, tudíž na povrchu půdy ležela vrstva řepkové slámy, jak je možné vidět na obrázku č. 10.



Obrázek 10: Pozemek po sklizni řepky

7.1.1 Počasí

Dne 19. 7. 2018 bylo velmi teplé a slunečné počasí. Průměrná vlhkost vzduchu byla 53%, což se pohybovalo okolo průměru celé republiky, a rosný bod byl na 10 °C. Průměrná teplota vzduchu činila 21,2 °C a maximální naměřená hodnota dosáhla 28,3 °C. Podle českého hydrometeorologického ústavu je dlouhodobá normální průměrná teplota od roku 1981 do 2010 v červenci, na území Jihočeského kraje 17,3 °C. Rozdíl je tedy + 3,9 °C vyšší teplota, než je normál. Takto vysoké teploty

měly znatelný podíl na vysušení půdy. Nedostatek deště byl velmi vážný, od 1. do 19. července zde spadlo pouze necelých 24 mm srážek a za celý měsíc pouhých 34,8 mm. Průměr srážek v Jihočeském kraji, ve stejném časovém období jako u teploty, je v červenci 92 mm. Pro rok 2018 je to tedy o 57,2 mm srážek méně. Takto málo srážek, společně s vysokými teplotami se výrazně podepsali na stavu půdy a to především na vysušení a jejího zhutnění.

7.1.2 Penetrometrický odpor

V tento den bylo provedeno deset měření na čtyřech stanovištích, celkem tedy čtyřicet měření. Stanoviště byla rozdělena následujícím způsobem. Dvě se nacházely na části, kde se oralo a dvě tam, kde bylo provedeno kypření. Po sestavení přístroje a nadefinování plánu proběhlo samotné měření. V tabulce č. 6 jsou obsaženy výsledky prvního měření.

Tabulka 6: Souhrn dat naměřených před zpracováním půdy

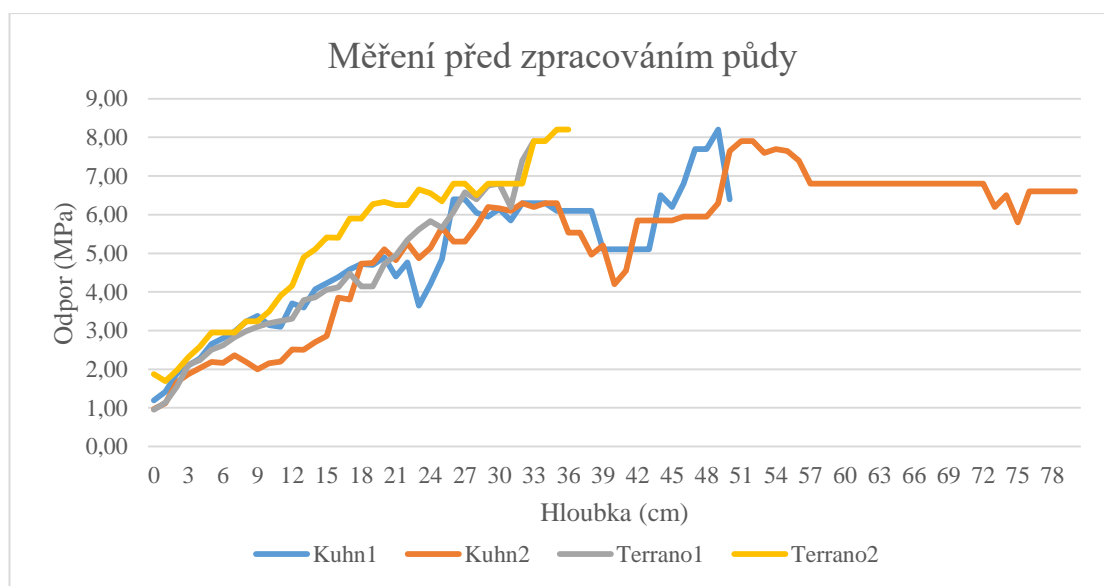
Měření před zpracováním				
	Kuhn1	Kuhn2	Terrano1	Terrano2
Max. hloubka (cm)	51,00	80,00	34,00	40,00
Průměrná hloubka (cm)	19,70	26,90	24,50	19,40
Max. odpor (MPa)	8,20	8,00	7,90	8,20
Průměrný odpor (MPa)	3,63	3,98	3,62	3,60

Stanoviště byla pojmenována podle stroje, jakým byly následně zpracovávány a u každého tohoto stanoviště jsou uvedeny maximální a průměrné hodnoty dosažené hloubky a penetrometrického odporu. Průměrné hodnoty se tvořily z důvodu, že na každém stanovišti bylo provedeno deset měření. Dále z těchto deseti se vždy uvedla i maximální hloubka a odpor, kterých bylo při měření dosaženo. Po úvodním měření byla zjištěna maximální hloubka na Kuhn1 51 cm, na Kuhn2 80 cm, což je zároveň největší hloubka, která se dá s použitým měřicím přístrojem dosáhnout. Na stanovišti Terrano1 byla max. hloubku 34 cm a Terrano2 40 cm. Rozdíl mezi těmito čtyřmi místy na stejném pozemku, ale i mezi místy na stejné polovině byl velmi znatelný. Může to být dáno např. rozdílným půdním profilem na tomto pozemku. Průměrná hloubka mezi těmito stanovišti je také rozdílná, ale tento rozdíl není tak velký. Maximální naměřený odpor na těchto místech byl kolem 8 MPa, tudíž je téměř totožný a stejně tak i průměrný odpor, který se pohyboval okolo 3,60 MPa. Pouze v jednom případě byl 3,98 MPa. Tato hodnota průměrného

odporu už přesahuje 3,80 MPa, což je podle Lhotského (2000) hraniční hodnota. Všechny získané hodnoty byly velmi podobné z toho důvodu, že na tomto pozemku bylo používáno vždy konvenční zpracování půdy:

- Podmítka
- Klasická orba
- Předseťová příprava
- Setí

Nikdy se zde nepoužívala bezorebná technologie zpracování půdy. V grafu č. 1 je vidět porovnání všech čtyř stanovišť z hlediska toho v jaké hloubce byl naměřen penetrometrický odpor. Do hloubky 10 cm se na třech místech měření odpor takřka neměnil, pouze jedno místo se lišilo od ostatních, a to odporem nižším. Od této hloubky zhruba do 20 cm, už se hodnoty na dvou místech zcela lišily. Na zbylých dvou místech byla data téměř totožná. Odpor do hloubky 20 cm stále strmě stoupal a v této hloubce se pohyboval už v rozmezí 4,7–6,3 MPa. Tento odpor mohl být zapříčiněný nedostatkem půdní vláhy v oblasti či nadměrnými přejezdy v předešlé době při pracovních operacích, které na tomto pozemku byly prováděny např. orbou, která vždy probíhala okolo této hloubky, tudíž tím mohla vzniknout utužená podorniční vrstva. V dalších vrstvách půdního profilu se penetrometrický odpor na jednotlivých místech více či méně lišil, avšak pořád stoupal. Na některých místech se tento odpor dostal až na 8,20 MPa, což byla hodnota přes kterou, už nebylo možné pokračovat v měření. U každého stanoviště byl odpor v maximální hloubce jiný, avšak ani v jednom případě neklesl pod 6 MPa.



Graf 1: Výsledky měření před zpracováním půdy

7.1.3 Vlhkost půdy

Jak se již výše zmiňovalo, dešťových srážek v této oblasti do dne prvního měření bylo opravdu málo a teploty vzduchu se pohybovaly velice vysoko. Taktéž bylo mnoho slunečních dní, kdy sluneční záření mohlo vysušovat půdu i přes porost řepky. Tato skutečnost se výrazně podepsala i na vlhkosti půdy. Vlhkost byla měřena za pomoci sondy, která je součástí měřicího přístroje a měří vlhkost v hloubce 0–10 cm.

Tabulka 7: Vlhkost půdy před zpracováním

Vlhkost půdy 0 - 10 cm (%)			
Kuhn1	Kuhn2	Terrano1	Terrano2
12,1	12,7	12,8	13,3

Z tabulky č. 7 vyplývá, že před zásahy techniky pro zpracování půdy na tomto pozemku se vlhkost pohybovala velmi nízko. Nejvíce se pohybovala na místě měření Terrano2, kde dosáhla hodnoty 13,3 %. Naopak nejméně na Kuhn1, 12,1 %. Na zbylých dvou místech se vlhkost pohybovala mezi těmito hodnotami. Mezi všemi čtyřmi měřeními nebyly velké rozdíly a nelišily o více než 1,2 %. Pokud se vlhkost pohybuje pod 30 %, tak podle českého hydrometeorologického ústavu je tento stav považován už jako stav sucha, tudíž rostliny nemusely mít dostatek vody pro dostatečný vývoj. Vlhkost půdy v hloubce 0–10 cm by se měla pohybovat od 30 do 90%, což je optimum pro porost na pozemku. Hodnoty nad 90 % představují přebytek vody, které může znamenat např. velké zhutnění půdy a způsobovat i zamokření pozemku.

7.2 Měření po zpracování půdy

Měření po zpracování půdy se uskutečnilo deset dní po zasetí pšenice ozimé a to 28. 9. 2018, více jak měsíc po prvním měření. V tomto období zde byly provedeny různé zásahy, a to například zpracování půdy či hnojení průmyslovými hnojivy. Podrobnější popis jednotlivých pracovních operací, které zde proběhly, společně se stroji, co se po pozemku pohybovaly, jsou v tabulkách č. 4 a 5. V tento den už byl pozemek rozdělen na dvě poloviny, kde na každé z nich proběhly jiné operace, a to především ve zpracování půdy. Rozdíl byl znatelný hlavně na polovině, kde byla půda zpracovávána bezorebnou technologií, jelikož zde leželo o poznání více rostlinných zbytků předplodiny. Zatímco na polovině, kde se provedla orba, rostlinné

zbytky byli zcela zapraveny do půdy. Na obrázku č. 11 je vidět, jak vypadala část pozemku zpracována orebnou technologií v den měření.



Obrázek 11: Pozemek po zpracování půdy

7.2.1 Počasí

V den druhého měření byla průměrná relativní vlhkost 64 % a rosný bod 5,5 °C. Tento den patřil k dalším slunečným v roce. Průměrná teplota vzduchu se pohybovala kolem 12,8 °C. Nejvyšší dosažená teplota byla naměřena v 15:45 a to 21,1 °C. Při porovnání s normální dlouhodobou průměrnou teplotou v září na území Jihočeského kraje, byla tato hodnota pouze o 0,5 °C vyšší. V porovnání s prvním měření, nebyl tento rozdíl tak znatelný, a to i přes skutečnost, že první polovina měsíce byla velmi teplá. V oblasti, kde se pozemek nachází, spadlo srážek velmi málo od předchozího měření. Od 19. 7. 2018 to celkem bylo 99,07 mm. Z této celkové sumy bylo 10,93 mm srážek v červenci. Poté za celý srpen spadlo 25,91 mm, což je za srpen o 59 mm méně, než je dlouhodobý normální průměr. Nejvíce dešťových srážek spadlo v období od 1. 9. 2018 do dne měření 28. 9. 2018 a to 62,23 mm. Už v tento den byly srážky nad normálním průměrem za celý měsíc září, ale to ani zdaleka nedorovnálo srážkový deficit z předchozích měsíců.

7.2.2 Penetrometrický odpor

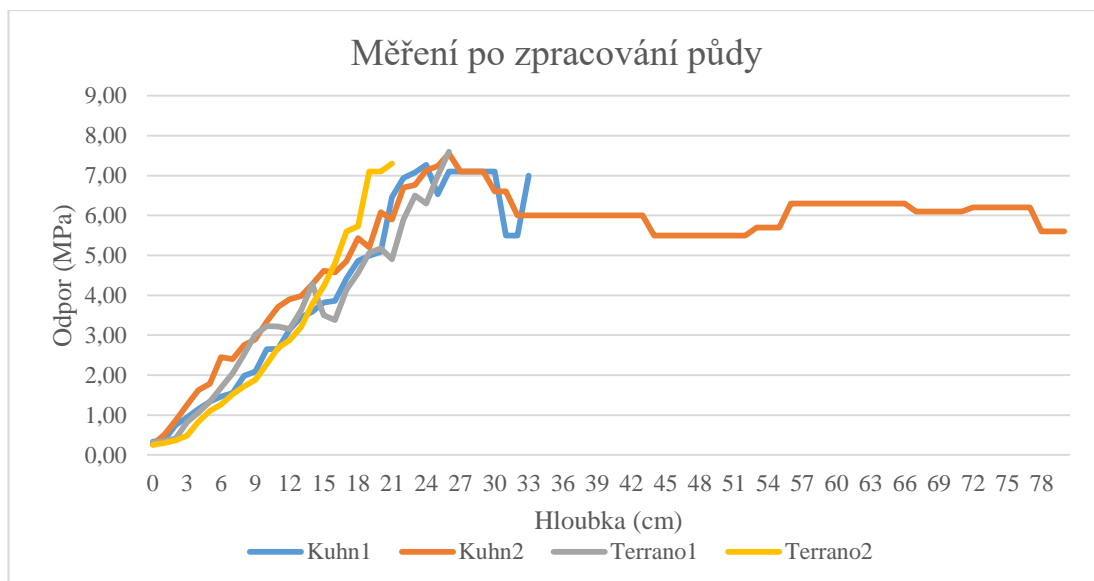
Postup u tohoto měření byl totožný jako u měření prvního. Celkově bylo provedeno čtyřicet měření. Dvacet na dvou stanovištích na polovině, kde byla provedena orba a zbylých dvacet na polovině zpracované radličkovým kypřičem. Každé měření proběhlo na místech přibližných těm z prvního, které přístroj zaznamenal pomocí GPS přijímače s již zmíněnou přesností na 2,5 m. Zde už se dala pozorovat změna

penetrometrických odporů od povrchu půdy do maximální možné hloubky. Dále pak jaká změna nastala v hloubkách 0–20 cm a od 20 cm do maximální naměřené hloubky. V tabulce č. 8 jsou shrnuta data získána při druhém měření.

Tabulka 8: Souhrn dat naměřených po zpracování půdy

Měření po zpracování				
	Kuhn1	Kuhn2	Terrano1	Terrano2
Max. hloubka (cm)	34,00	80,00	27,00	22,00
Průměrná hloubka (cm)	22,80	25,00	17,60	18,30
Max. odpor (MPa)	8,00	7,80	7,60	7,60
Průměrný odpor (MPa)	3,12	3,86	2,60	2,48

Největší možná hloubka 80 cm byla dosažena pouze na stanovišti Kuhn2, tedy tam kde se půda standardně orala. Naopak tomu nejmenší hloubka 22 cm na Terrano2, lokalita kde se kypřilo. Mezi zbylými dvěma místy se maximální hloubka lišila o 7 cm a větší hodnota byla na zorané polovině. U průměrné hloubky, už se mohl projevit způsob zpracování půdy. Z tabulky č. 8 je možné vidět, že na zkypřené části se průměrná hloubka nedostala nad 20 cm, konkrétně to bylo Terrano1 17,60 cm a Terrano2 18,30 cm. Oproti tomu na zorané polovině - Kuhn1 22,8 cm a Kuhn2 25 cm. Maximální odpory na zorané polovině se lišily velmi málo, pouze o 0,2 MPa a na zkypřené se nelišili vůbec. Obě hodnoty byly 7,60 MPa, což bylo méně než po orbě. Stejně jako u průměrné hloubky se mohlo zpracování půdy projevit na průměrném odporu, jelikož už zde bylo možné pozorovat rozdíl mezi orbou a kypřením. Zatímco na zkypřené části tyto hodnoty byly 2,60 a 2,48 MPa, tak po orbě neklesly pod 3 MPa (Kuhn1 – 3,12 MPa, Kuhn2 – 3,86 MPa).



Graf 2: Výsledky měření po zpracování půdy

V grafu č. 2 je vidět průběh hodnot druhého měření a je sestaven stejně jako u prvního. Bylo možné pozorovat, že charakter stoupání odporu v závislosti na hloubce, byl velmi podobný u všech stanovišť až do hloubky kolem 15 cm a odporu 4 MPa. Odtud hodnoty podobně stoupaly až na ty naměřené na stanovišti Terrano2, které prudce rostly do maximální, zde dosažené hloubky 21 cm a odporu 7,30 MPa. Na zbylých místech podobný růst pokračoval do přibližné hodnoty 25 cm, poté na Terrano1 bylo dosaženo maximální hloubky. Měření do větší hloubky bylo možné pouze na části, kde proběhla orba a od 26 cm měl odpor sestupnou tendenci, ne však tak razantní jako byl počáteční vzestup. Měření na stanovišti Kuhn1 bylo zakončeno v 33 cm s maximálním odporem 7 MPa. Hlouběji se dalo měřit pouze na Kuhn2 a to až do maximální hloubky 80 cm. V části profilu 33–80 cm na tomto místě se odpor pohyboval v rozmezí od 5,50 do 6 MPa a v 80 cm měření končilo s odporem 5,60 MPa.

7.2.3 Vlhkost půdy

Naměřená vlhkost půdy se pohybovala velmi nízko. I přesto, že zde v září spadlo více jak 60 mm srážek, tak to nedokázalo vyrovnat skutečnost, že v předešlých měsících dešťové srážky byly opravdu kriticky malé, jak je již popsáno v kapitole výše. Na takovémto vysušení se podílely vysoké teploty ze začátku měsíce, kde se maximální teploty pohybovaly až kolem 30 °C.

Tabulka 9: Vlhkost půdy naměřená po zpracování půdy

Vlhkost půdy 0 - 10 cm (%)			
Kuhn1	Kuhn2	Terrano1	Terrano2
9,9	10,6	8,7	9,3

I přesto, že zkeypřená část byla pokryta více posklizňovými zbytky, tak vlhkost půdy se zde pohybovala níže, než na části zorané, kde tyto zbytky nebyly žádné. Z tabulky č. 9 je možné vidět, že největší vlhkost byla naměřena 10,6 % na Kuhn2 a oproti tomu nejmenší 8,7 % Terrano1. Na zbylých dvou stanovištích Kuhn1 a Terrano2 byla vlhkost 9,9 % a 9,3 %, která se tak moc nelišila.

7.3 Porovnání výsledků

Porovnání výsledků měření z dat 19. 7. 2018 a 28. 9. 2018 bylo provedeno tak, že se srovnávalo vždy každé stanoviště zvláště z hlediska penetrometrického odporu. Změna odporu byla porovnána nejprve v celém půdním profilu, který bylo možné změřit. Následně byl komparován odpor do hloubky 20 cm, jelikož právě tento prostor v půdním profilu je rostlinou nejvíce využíván. Tyto rozdíly byly vyjádřeny i procentuálně. Sledovanými hodnotami byly maximální hloubka a maximální odpor, kterého se dalo během 10 měření na tomto stanovišti s přístrojem dosáhnout. Dále průměrná hloubka a průměrný penetrometrický odpor určený z těchto měření. Spolu s odporem se porovnávala i změna vlhkosti půdy, která byla stejně jako odpor vyjádřena procentem a vyobrazena grafem. U vlhkosti se sledovaly maximální a průměrné hodnoty.

7.3.1 Stanoviště Kuhn1

7.3.1.1 Penetrometrický odpor

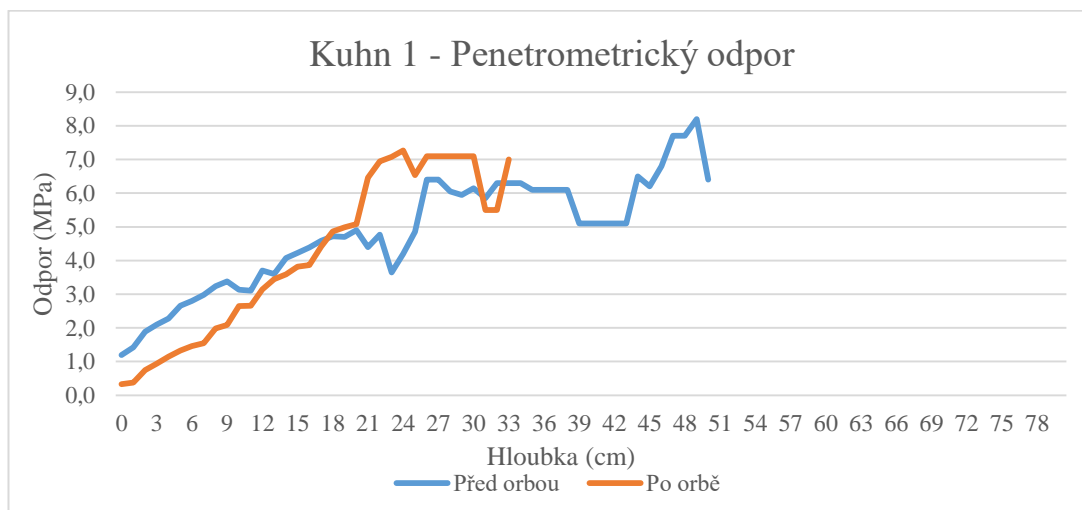
Tabulka 10: Porovnání hodnot zjištěných na stanovišti Kuhn 1

Kuhn1				
	Před orbou	Po orbě	Rozdíl	Rozdíl v %
Max. hloubka (cm)	51,00	34,00	-17,00	-33,33%
Průměrná hloubka (cm)	19,70	22,80	+3,10	+15,74%
Max. odpor (MPa)	8,20	8,00	-0,20	-2,44%
Průměrný odpor (MPa)	3,63	3,12	-0,51	-14,01%

V tabulce č. 10 je porovnání v celé měřené hloubce. Maximální hloubka byla -17 cm, tedy -33,33%, to znamenalo výrazný pokles. Oproti tomu průměrná hloubka se zde zvětšila o necelých 16% na 22,80 cm. Tato hodnota se velmi blíží k hloubce 22 cm,

ve které byla půda zpracovávána pluhem. Proto je možné, že průměrná hloubka se pohybuje právě poblíže této hodnoty, jelikož níže v půdním profilu se mohla vlivem způsobu zpracování půdy nacházet utuženější podorniční vrstva.

Maximální odpor v celém měřeném profilu se pohyboval vysoko, avšak lišil se velmi málo, pouze o 2,44%, což představuje 0,20 MPa. Vyšší rozdíl byl u průměrného odporu, ale změna nebyla tak markantní. Tato hodnota se snížila o 14%, tedy o 0,51 MPa na 3,12 MPa.



Graf 3: Porovnání penetrometrických odporů na stanovišti Kuhn1

Hodnoty z tabulky jsou ilustrovány v grafu č. 3. Růst odporu do 20 cm měl přibližně stejný charakter stoupání, ovšem před orbou byl ve vyšších hodnotách. Ve 20 cm byl naměřený odpor téměř totožný. V této hloubce však nastal zlom, odpor před orbou začal klesat do hloubky 23 cm a poté velmi rychle stoupl až na 6,50 MPa. Kolem hodnoty 6 MPa se odpor udržoval do 38 cm, zde opět nakrátko klesl, ale následoval další prudký nárůst na 8,20 MPa. Tato hodnota byla ve 49 cm, tedy 1 cm před ukončením měření. V maximální hloubce odpor opět lehce klesl. Oproti tomu po orbě prudce stoupl na 7,27 MPa už ve 24 cm, což znamenalo zcela rozdílný růst hodnot. Tento fakt opět poukazuje na možnost, že se v této hloubce vyskytuje utužená vrstva vlivem technologie zpracování půdy. Okolo hodnoty 7 MPa se odpor držel do hloubky 30 cm, kde přišlo klesání, avšak téměř ihned, co došlo ke snížení odporu, se opět zvýšil a měření bylo ukončeno v hloubce 33 cm.

Tabulka 11: Penetrometrický odpor do 20 cm na stanovišti Kuhn1

Kuhn1 do 20 cm				
	Před orbou	Po orbě	Rozdíl	Rozdíl v %
Max. odpor (MPa)	7,30	7,10	-0,20	-2,74%
Průměrný odpor (MPa)	3,08	2,55	-0,54	-17,40%

Hodnoty v tabulce č. 11 shrnují měření od povrchu půdy do 20 cm hloubky. Maximální odpor zde klesl pouze o zhruba 3%. Oproti tomu u průměrného odporu se hodnota změnila o 17,4%, což představovalo více jak 0,50 MPa. Z těchto údajů vyplývá, že po všech pracovních operacích, které na pozemku proběhly, se průměrný odpor stále držel pod původní hodnotou a byl i menší než 3 MPa, tudíž velmi nízko pod limitní hodnotou odporu 3,80 MPa podle Lhotského (2000). Proto zasetá plodina měla vhodnější půdní prostředí pro klíčení a zakořenění.

Tabulka 12: Penetrometrický odpor v hloubce 21-34 cm na stanovišti Kuhn1

Kuhn1 od 21 do 34 cm				
	Před orbou	Po orbě	Rozdíl	Rozdíl v %
Max. odpor (MPa)	7,80	8,00	+0,20	+2,56%
Průměrný odpor (MPa)	5,35	6,79	+1,44	+26,93%

Navzdory tomu, že do 20 cm odpor klesl, tak od 21 cm hloubky razantně stoupl, viz tabulka č. 12. Změna maximálního odporu byla malá, pouze do 3%, stejně jako do 20 cm. Ovšem průměrný odpor stoupl z 5,35 MPa na 6,79 MPa, to představuje nárůst o téměř 27%. Takto vysoké hodnoty byly především z toho důvodu, že tato část půdního profilu nikdy nebyla zpracovávána, tudíž zde není např. tak dobrý mikrobiální život jako v menší hloubce a další aspekty, které by měli vliv na zhutnění a zúrodnění půdy.

7.3.1.2 Vlhkost půdy

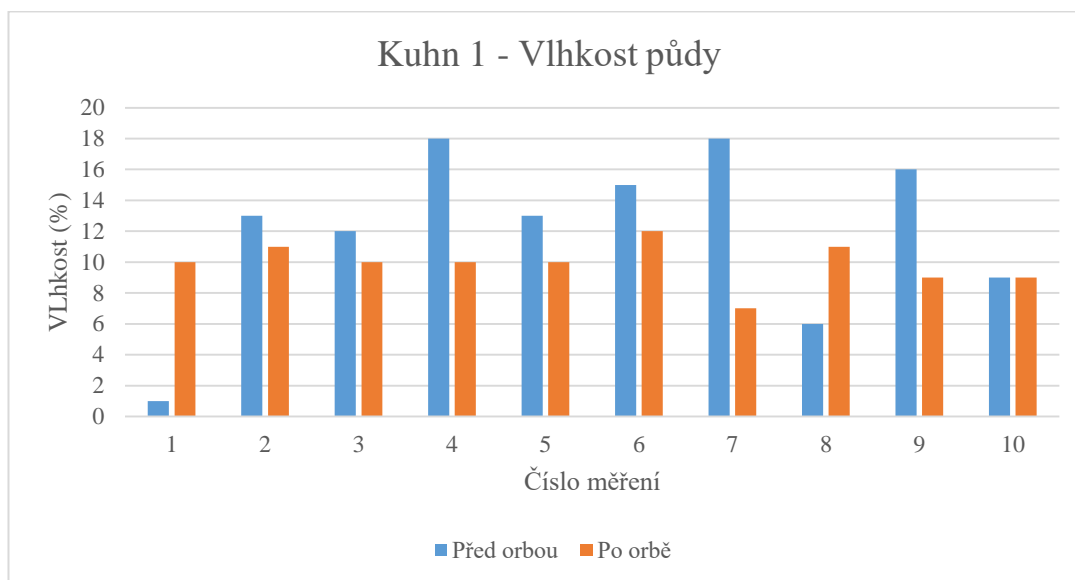
Tabulka 13: Vlhkost půdy naměřena na stanovišti Kuhn1

Kuhn 1			
	Před orbou	Po orbě	Rozdíl
Max. vlhkost (%)	18,0	12,0	-6,0
Průměrná vlhkost (%)	12,1	9,9	-2,2

U vlhkosti se velmi projevil srážkový deficit, mnoho slunečních dní a vysoké teploty z období, kdy probíhalo měření. Dešťové srážky se pohybovaly nízko pod dlouhodobým průměrem a sluneční záření velmi vysušovalo půdu jak po sklizni plodiny, tak i po zpracování pozemku. Maximální vlhkost na tomto stanovišti se snížila

o 6%. Průměrná vlhkost se snížila o 2,2%. Tudíž vlhkost půdy nedosahovala ani 10%, viz tabulka č. 13.

Z grafu č. 4 je možné vidět, že téměř na každém z deseti měření byla vlhkost před orbou vyšší než po zásahu pluhem. Důsledkem tohoto mohly být rozdrčené posklizňové zbytky, které ležely na povrchu pozemku a chránily půdu před slunečním zářením, tudíž půda nebyla tak vysušována.



Graf 4: Vlhkost půdy naměřena na stanovišti Kuhn1

7.3.2 Stanoviště Kuhn2

7.3.2.1 Penetrometrický odpor

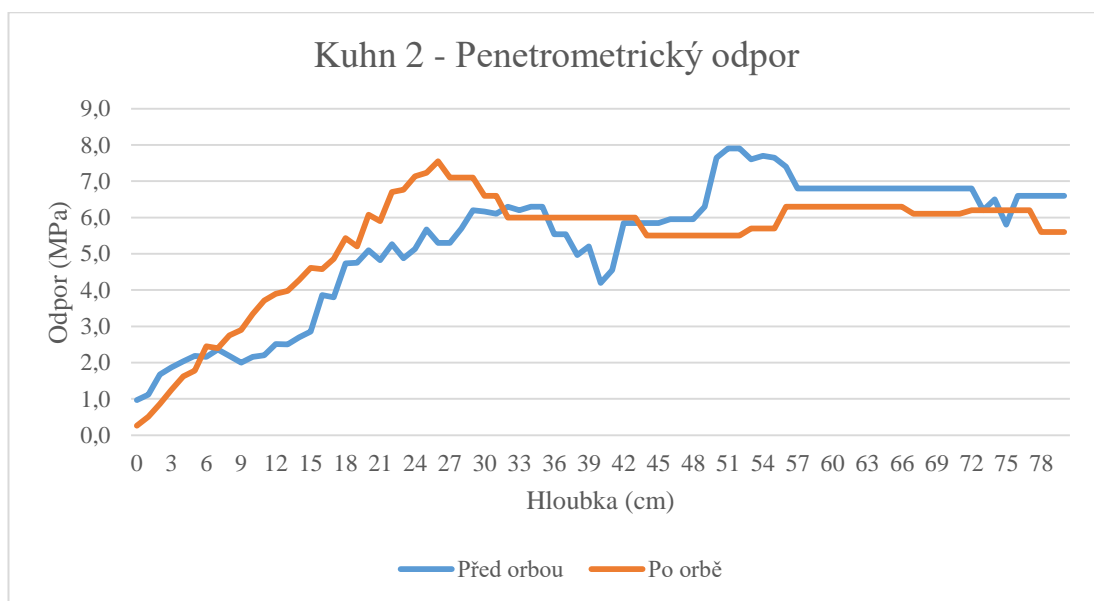
Tabulka 14: Porovnání hodnot na stanovišti Kuhn2

Kuhn2				
	Před orbou	Po orbě	Rozdíl	Rozdíl v %
Max. hloubka (cm)	80,00	80,00	0,00	0,00%
Průměrná hloubka (cm)	26,90	25,00	-1,90	-7,06%
Max. odpor (MPa)	8,00	7,80	-0,20	-2,50%
Průměrný odpor (MPa)	3,98	3,85	-0,13	-3,30%

Hodnoty naměřené do maximální hloubky jsou shrnuty v tabulce č. 14. Ani u jednoho ze sledovaných parametrů nenastaly tak velké změny jako na předchozím stanovišti Kuhn1. Na tomto stanovišti bylo dosaženo, vždy alespoň v jednom z deseti měření maximální hloubky 80 cm, tudíž v tomto parametru nebyl žádný rozdíl. Dále pak u průměrné hloubky nastala změna +7,06%, které představují 1,9 cm. Po orbě tedy byla průměrná hloubka menší, ovšem tento rozdíl je téměř zanedbatelný. Maximální odpor se zde lišil stejně jako u Kuhn1 pouze o 0,20 MPa.

Stejně tomu bylo i u průměrného odporu, kde nenastala velká změna. Průměr odporu klesl o 0,13 MPa, což je také velmi malá změna.

Hodnoty na Kuhn2 se ovšem trochu lišily od prvního stanoviště. Například zde bylo dosaženo maximální hloubky 80 cm, oproti tomu na Kuhn1 pouze 34 cm. Tento rozdíl je velmi velký, ale může být dán jiným půdním profilem na této části pozemku. Průměrná hloubka se zde pohybovala okolo 25 cm jak před orbou, tak i po orbě, zatímco na Kuhn1 nejvíce 22,80 cm a navíc je 3 cm rozdíl před a po zpracování. Maximální odpor se mezi těmito dvěma stanovišti velmi nelišil, v obou případech se pohyboval okolo 8 MPa. Průměrný odpor byl však zaznamenán vyšší o téměř 1 MPa.



Graf 5: Průběh penetrometrických odporů na stanovišti Kuhn2

V grafu č. 5 je znázorněno, že před orbou odpor stoupal do 7 cm, poté se lehce zmenšil a opět přišlo stoupání, které trvalo do 30 cm. Zde se odpor pohyboval okolo 6 MPa až do hloubky 35 cm. Poté jednou prudce poklesl, ale vzápětí opět vzrostl. Hluběji, kolem hodnoty 50 cm se odpor velmi zvýšil a to až na 8 MPa. Poté následoval pokles pod hranici 7 MPa, kde se odpor udržel až do konce měření. Oproti tomu odpor po orbě byl zpočátku nižší, ale v 5 cm už začínal být vyšší a s rostoucí hloubkou tato hodnota byla mnohem vyšší než před orbou. Odpor dále strmě stoupal do hloubky 26 cm, kde bylo naměřeno 7,55 MPa. Od této hloubky do 32 cm se odpor snížil na 6 MPa a až do konce měření se pohyboval blízko této hodnoty.

Tabulka 15: Penetrometrický odpor do 20 cm na stanovišti Kuhn2

Kuhn2 do 20 cm				
	Před orbou	Po orbě	Rozdíl	Rozdíl v %
Max. odpor (MPa)	6,90	7,80	+0,90	+13,04%
Průměrný odpor (MPa)	2,49	2,96	+0,47	+18,94%

Na stanovišti Kuhn2 do hloubky 20 cm obě sledované hodnoty vzrostly, jak je možné vidět z tabulky č. 15. Maximální odpor se zde po orbě zvýšil o 13%, což je téměř 1 MPa. Průměrný odpor také stoupl až na 2,96 MPa, to byl nárůst o 18,94 %. Ve srovnání s oblastí Kuhn1, kde obě tyto hodnoty klesaly, tak zde měly zcela opačný charakter a vzrůstaly.

Tabulka 16: Penetrometrický odpor v hloubce 21-80 cm na stanovišti Kuhn2

Kuhn2 od 21 do 80 cm				
	Před orbou	Po orbě	Rozdíl	Rozdíl v %
Max. odpor (MPa)	8,00	7,80	-0,20	-2,50%
Průměrný odpor (MPa)	6,04	6,25	+0,21	+3,47%

Od 21 cm byl naměřený maximální odpor o 2,5% nižší než před zpracováním, avšak pohyboval se stejně jako na stanovišti Kuhn1 okolo hodnoty 8 MPa. Průměrný odpor vzrostl o téměř 3,5%, které představují 0,21 MPa, viz tabulka č. 16. To nebyl tak vysoký nárůst jako na předchozí oblasti, kde odpor vzrostl o 1,44%.

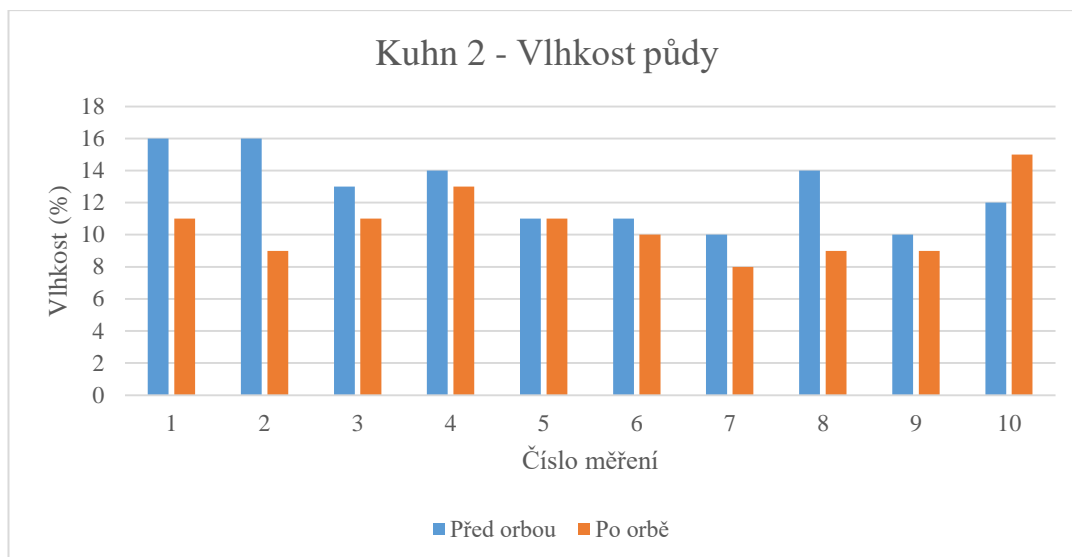
7.3.2.2 Vlhkost půdy

Tabulka 17: Vlhkost půdy naměřena na Kuhn2

Kuhn 2			
	Před orbou	Po orbě	Rozdíl
Max. vlhkost (%)	16,0	15,0	-1,0
Průměrná vlhkost (%)	12,7	10,6	-2,1

Z tabulky č. 17 lze vidět, že vlhkost půdy zde opět klesla. V maximální vlhkosti nebyl tak znatelný rozdíl jako u stanoviště Kuhn1. Lišila se zde pouze o 1%. Průměrná vlhkost půdy se zmenšila o 2,1%, to je -0,1% než u předchozí oblasti. Z těchto dat vyplývá, že na zorané části pole se průměrná vlhkost pohybovala okolo stejných hodnot na obou dvou stanovištích.

V grafu č. 6 jsou znázorněny naměřené hodnoty vlhkosti. Opět z něho vyplývá, stejně jako u předchozího stanoviště, že před zásahem technikou do půdy byla vlhkost ve většině případech vyšší než po zpracování.



Graf 6: Vlhkost půdy naměřena na Kuhn2

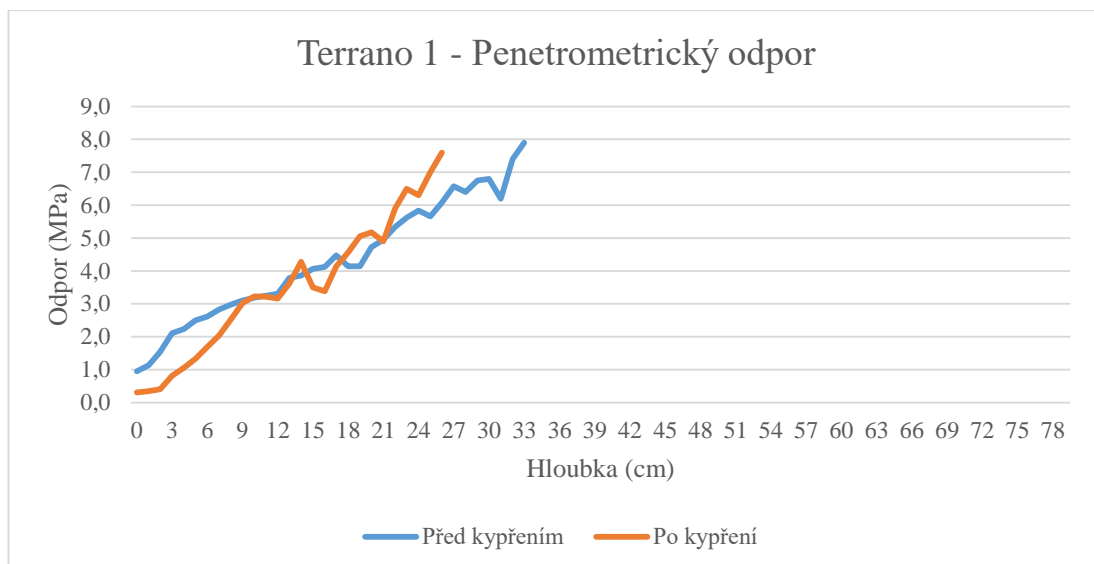
7.3.3 Stanoviště Terrano1

7.3.3.1 Penetrometrický odpor

Tabulka 18: Porovnání hodnot získaných na stanovišti Terrano1

Terrano1				
	Před kypřením	Po kypření	Rozdíl	Rozdíl v %
Max. hloubka (cm)	34,00	27,00	-7,00	-20,59%
Průměrná hloubka (cm)	24,50	17,60	-6,90	-28,16%
Max. odpor (MPa)	7,90	7,60	-0,30	-3,80%
Průměrný odpor (MPa)	3,62	2,60	-1,02	-28,15%

Hodnoty naměřené na prvním stanovišti, které bylo zpracované radličkovým kypřičem, jsou shrnuty v tabulce č. 18. Maximální dosažená hloubka se zde zmenšila o 7 cm. Změnila se i průměrná hloubka, a to o téměř 7 cm na 17,60 cm, což je i pod hodnotou hloubky, ve které byla půda zpracovávána. Tento pokles byl mnohem vyšší než na zoraných stanovištích, kde se naopak na jednom z nich průměrná hloubka zvýšila. Navzdory tomu, že průměrná hloubka klesla, tak maximální odpor se zmenšil o 0,30 MPa a průměrný odpor v celém měřeném profilu dokonce o 1,02 MPa na 2,60 MPa. 1 MPa už představuje pro rostlinu dosti velký odpor pro dobré zakořenění.



Graf 7: Průběh penetrometrických odporů na stanovišti Terrano1

V grafu č. 7 je znázorněn průběh hodnot. Zpočátku se odpor před kypřením pohyboval o něco výše, než po kypření. V hloubce 9 cm se však už nelišil a zůstal na stejné hodnotě. Nárůst odporu právě do 9 cm byl velmi prudký, už v této hloubce se pohyboval nad hranicí 3 MPa. Ve větší hloubce odpor pořád s malými výkyvy vzrůstal, a to jak před, tak i po kypření. Do hloubky 21 cm se hodnoty odporu výrazně nelišily. Ovšem od této hloubky odpor po kypření opět prudce stoupal až do konce měření, kde v hloubce 26 cm skončil na 7,60 MPa.

Tabulka 19: Penetrometrický odpor do hloubky 20 cm na stanovišti Terrano1.

Terrano1 do 20 cm				
	Před kypřením	Po kypření	Rozdíl	Rozdíl v %
Max. odpor (MPa)	7,00	7,20	+0,20	+2,86%
Průměrný odpor (MPa)	3,06	2,41	-0,66	-21,43%

Jak je možné vidět v tabulce č. 19, maximální odpor se do 20 cm zvýšil o 0,20 MPa. To nebyl až tak vysoký nárůst. Na rozdíl od maximálního odporu, průměrný odpor se snížil o více jak 20%. To představuje hodnotu 0,66 MPa. Odpor se zde tedy zmenšil na 2,41 MPa. Toto snížení v hloubce od 0 do 20 cm bylo největší ze všech čtyř sledovaných lokalit. Stejně tak i odpor zde byl nejnižší. Na takovémto poklesu měl zcela jistě podíl způsob zpracování této části pozemku a to tak, že radličkový kypřič tolik nezatěžuje dno brázdy a lépe půdu prokypří.

Tabulka 20: Penetrometrický odpor v hloubce 21-27 cm na stanovišti Terrano1.

Terrano1 od 21 do 27 cm				
	Před kypřením	Po kypření	Rozdíl	Rozdíl v %
Max. odpor (MPa)	7,40	7,60	+0,20	+2,70%
Průměrný odpor (MPa)	5,51	6,04	+0,53	+9,65%

Ve zbytku změřeného půdního horizontu se maximální naměřený odpor zvýšil o 0,20 MPa stejně jako do 20 cm. Průměrný odpor také stoupl a to o 0,53 MPa, tedy o necelých 10 %, viz tabulka č. 20. Od 21 cm to byl opět nejmenší nárůst ze všech provedených měření. Takto malý nárůst mohlo ovlivnit, stejně jako v menší hloubce, zpracování kypříčem.

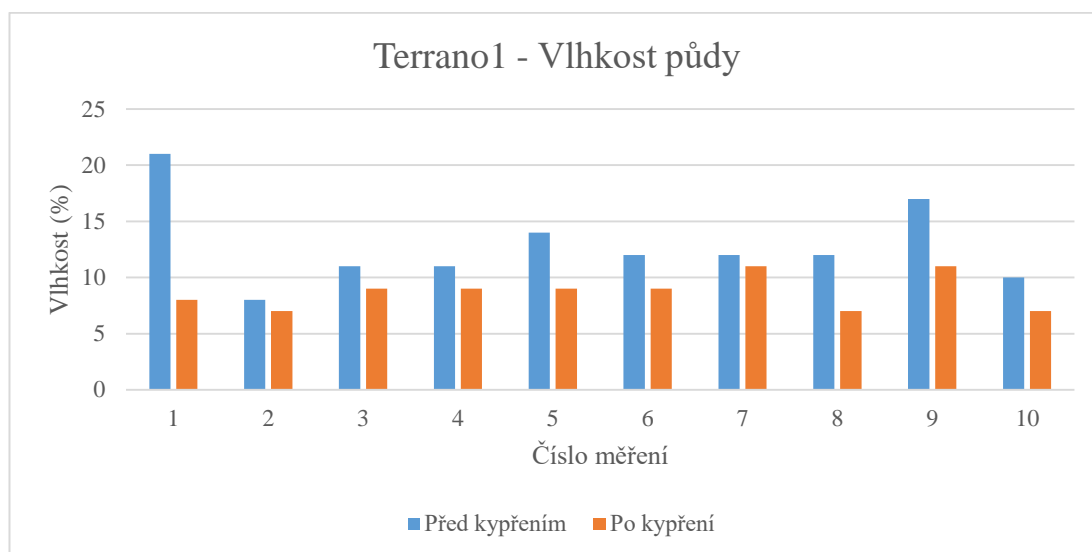
7.3.3.2 Vlhkost půdy

Tabulka 21: Vlhkost půdy naměřena na stanovišti Terrano1

Terrano 1			
	Před kypřením	Po kypření	Rozdíl
Max. vlhkost (%)	21,0	11,0	-10,0
Průměrná vlhkost (%)	12,8	8,7	-4,1

Jak lze vidět z tabulky č. 21, vlhkost půdy se na tomto místě velmi změnila v porovnání s místy na zorané polovině. Maximální vlhkost zde byla naměřena pouze 11%, což je o 10% méně než před zpracováním půdy. Průměrná vlhkost také klesla a to o 4,1 % na 8,7 %. Tento pokles byl největší ze všech provedených měření. I když povrch pozemku na zkypřené části pokrývalo více posklizňových zbytků řepky i po vysetí pšenice, tak se vlhkost půdy zmenšila oproti orbě téměř o polovinu.

V grafu č. 8 jsou vyobrazena všechna měření vlhkosti a je z nich patrné, že ve všech místech byla vlhkost před kypřením vyšší než po zásahu radličkovým kypřičem.



Graf 8: Vlhkost půdy naměřena na Terrano1

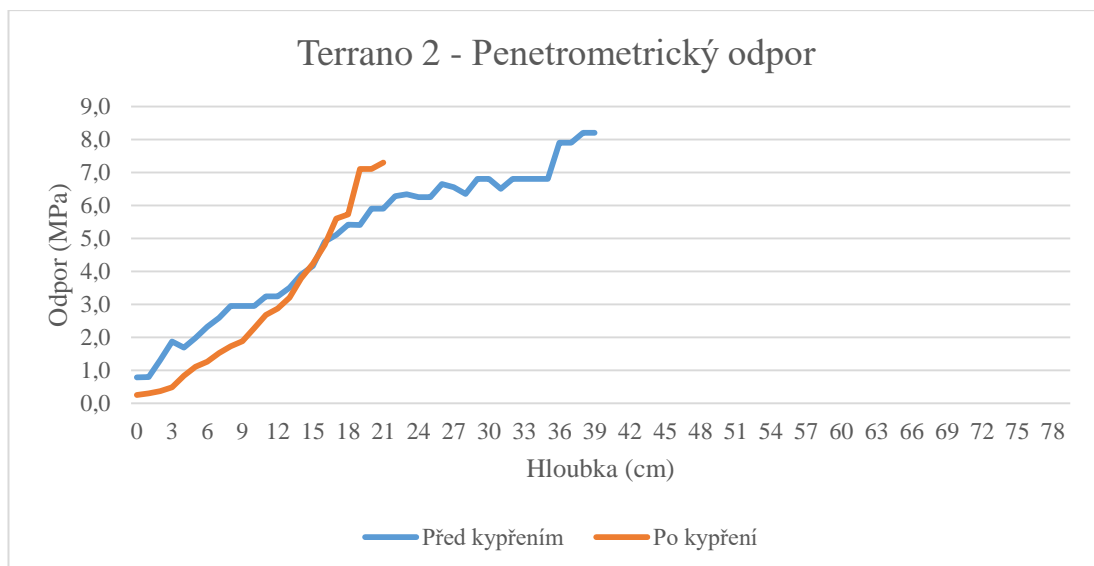
7.3.4 Stanoviště Terrano2

7.3.4.1 Penetrometrický odpor

Tabulka 22: Porovnání hodnot získaných na stanovišti Terrano2

Terrano2				
	Před kypřením	Po kypření	Rozdíl	Rozdíl v %
Max. hloubka (cm)	40,00	22,00	-18,00	-45,00%
Průměrná hloubka (cm)	19,40	18,30	-1,10	-5,67%
Max. odpor (MPa)	8,20	7,60	-0,60	-7,32%
Průměrný odpor (MPa)	3,60	2,48	-1,13	-31,27%

Hodnoty získané na posledním stanovišti z měření po zpracování půdy jsou uvedeny v tabulce č. 22. V této lokalitě nastala velká změna v maximální hloubce, které bylo možno dosáhnout. Tato hloubka se zmenšila téměř o polovinu ze 40 cm na 22 cm. Navzdory tomu, že se maximální hloubka takto razantně změnila, tak v průměrné hloubce byl rozdíl pouze 1,10 cm. Avšak tato hloubka se opět zmenšila a to z 19,40 cm na 18,30 cm. Stejně jako tomu bylo na Terrano1, se průměrná hloubka nedostala přes hranici 20 cm a je stále více jak 5 cm pod hloubkou zpracování půdy. Na druhou stranu penetrometrický odpor zde velmi klesl. Maximální odpor se snížil o 0,60 MPa na 7,60 MPa. Průměrný odpor se na tomto stanovišti zmenšil ještě více než na Terrano1, a to o 31,27%, což představuje hodnotu 1,13 MPa. Tato hodnota má velký význam pro správný růst plodin na pozemku.



Graf 9: Porovnání odporů na stanovišti Terrano2

Z grafu č. 9 je možné vidět že, zpočátku se odpor před kypřením opět pohyboval ve vyšších hodnotách než po kypření. Vyšší hodnoty převažovaly až do 14 cm hloubky. Poté se 2 cm držel na stejném odporu. Dále nastal prudký vzestup v měření po kypření, kdy se během 5 cm odpor zvedl téměř o 3 MPa. Oproti tomu před orbou od hloubky 14 cm stoupal pouze mírně. Až před koncem měření, v hloubce 35 cm, nastal strmý nárůst z 6,80 MPa na 8,20 MPa. Charakter stoupaní odporu po kypření na tomto stanovišti byl strmější než před zpracováním dané poloviny pozemku. Na druhou stranu v něm nebyly takové výkyvy jako na stanovišti předchozím.

Tabulka 23: Penetrometrický odpor do hloubky 20 cm na stanovišti Terrano2.

Terrano2 do 20 cm				
	Před kypřením	Po kypření	Rozdíl	Rozdíl v %
Max. odpor (MPa)	6,70	7,60	+0,90	+13,43%
Průměrný odpor (MPa)	3,03	2,45	-0,58	-19,07%

V tabulce č. 23 jsou shrnuty hodnoty z rozmezí hloubky 0–20 cm. Maximální naměřený odpor se zvýšil o 13,43%, až na hodnotu 7,60 MPa. Byl to nárůst téměř o 1 MPa. Oproti tomu, že zde byl změřen i takto velký odpor, tak průměrný odpor se snížil o takřka 0,60 MPa na 2,45 MPa. Je to druhá nejnižší hodnota, která byla zjištěna do hloubky 20 cm na všech stanovištích.

Tabulka 24: Penetrometrický odpor v hloubce 21-22 cm na stanovišti Terrano2

Terrano2 od 21 do 22 cm				
	Před kypřením	Po kypření	Rozdíl	Rozdíl v %
Max. odpor (MPa)	7,00	7,30	+0,30	+4,29%
Průměrný odpor (MPa)	5,90	7,30	+1,40	+23,73%

Jelikož při druhém měření na tomto stanovišti bylo dosaženo hloubky pouze 22 cm, tak tabulka č. 24 shrnuje data jen z horizontu 2 cm. Z toho důvodu je maximální odpor stejný jako průměrný. Maximální odpor se zde zvýšil pouze o 0,30 MPa, ovšem průměrný se zvedl o 23,73 %, což představuje 1,40 MPa. Je to nejvyšší nárůst ze všech měření, ale bylo to vše dáno tím, že se porovnávala jen velmi malá část půdního profilu.

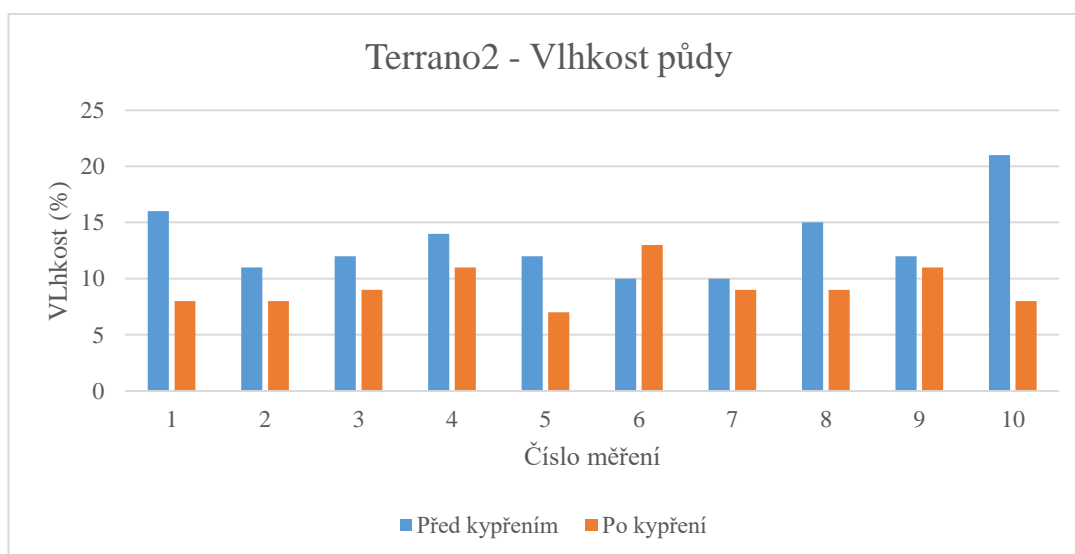
7.3.4.2 Vlhkost půdy

Tabulka 25: Vlhkost půdy naměřena na stanovišti Terrano2

Terrano 2			
	Před kypřením	Po kypření	Rozdíl
Max. vlhkost (%)	21,0	13,0	-8,0
Průměrná vlhkost (%)	13,3	9,3	-4,0

Vlhkost půdy se na tomto stanovišti změnila velmi podobně jako na předchozím, které bylo také zpracované radličkovým kypřičem. Rozdíl mezi maximální vlhkostí byl - 8%, tudíž po kypření to znamenalo 13%. Průměrná vlhkost měla skoro totožný pokles jako na stanovišti Terrano1 a to o 4% na 9,3%, viz tabulka č. 25.

Z grafu č. 10 je opět patrné, že v drtivé většině byla vyšší vlhkost půdy před zpracováním než po zpracování, stejně jako u všech předchozích stanovišť.



Graf 10: Vlhkost půdy naměřena na stanovišti Terrano2

7.4 Závěrečné měření

Měření po zpracování půdy bylo uskutečněno opakovaně z důvodu lepšího porovnání orebné a bezorebné technologie zpracování půdy z hlediska penetrometrického odporu. Dalším důvodem bylo také to, že od prvního zasažení do půdy až po zasetí plodiny a jejího vzcházení se v půdě odehrávají různé procesy, mezi které patří např. rozkládání posklizňových zbytků nebo činnost půdních organismů. Všechny tyto procesy mají spolu se zpracováním půdy velký vliv na její zhutnění a z toho důvodu se měření po zpracování opakovalo.

Závěrečné měření bylo provedeno dne 1. 11. 2018, více jak měsíc po měření druhém. Mezi posledními dvěma měřeními již na pozemku neproběhl žádný zásah do půdy, proběhl zde pouze ruční sběr kamene, kdy traktor s vlekem pojížděl po pozemku v kolejových řádcích. Získávání dat bylo obdobné jako u předchozích měření. Lišilo se pouze v tom, že na každé polovině bylo určeno jedno stanoviště, namísto předchozích dvou. Tudíž jedno ze stanovišť bylo na zorané polovině a druhé na zpracované radličkovým kypřičem. Na každém ze stanovišť bylo provedeno patnáct měření, oproti předchozím, kde se provádělo deset měření.

V době tohoto měření byl znatelný velký rozdíl ve vzcházení zaseté plodiny. Na zorané polovině pšenice ozimá vzcházela o mnoho lépe, než na části zkypřené. Klíčení na zkypřené polovině mohly zpomalit posklizňové zbytky, které byly v celém zpracovávaném profilu, ale i na povrchu oproti zorané polovině, kde tyto zbytky byly zapraveny do stejné hloubky a nebyly rozprostřeny v půdě. Rozdíl je možné vidět na obrázku č. 12, kde na horní polovině je zoraná část a na spodní je část zkypřená.

Obrázek 12: Růst pšenice na zorané (horní část) a zkypřené části (spodní část)



7.4.1 Počasí

1. 11. 2018 bylo téměř po celý den zataženo až skoro zataženo beze srážek. Průměrná relativní vlhkost vzduchu se pohybovala okolo 83% a rosný bod byl na 6 °C. Nejvyšší teplota vzduchu byla naměřena v 15:38 hodin a to 13,9 °C. Průměrná teplota v tento den činila 9,1 °C, tato hodnota byla nižší pouze o 0,2 °C vzhledem k průměru v celém Jihočeském kraji a zároveň vyšší o 1,5 °C než je dlouhodobý průměr na tomto území. Dešťových srážek od posledního měření v této oblasti příliš mnoho nebylo. Pršelo pouze v říjnu a spadlo pouhých 28,45 mm. Bylo to pod hodnotou 34 mm, jež představovala průměr celého Jihočeského kraje. V porovnání s dlouhodobým srážkovým normálem, který je 43 mm za měsíc, byla tato hodnota o téměř 15 mm nižší. Opět to znamenalo snížení půdní vláhly. Od prvního měření dne 19. 7. 2018 zde spadlo celkem 127,52 mm srážek.

7.4.2 Penetrometrický odpor

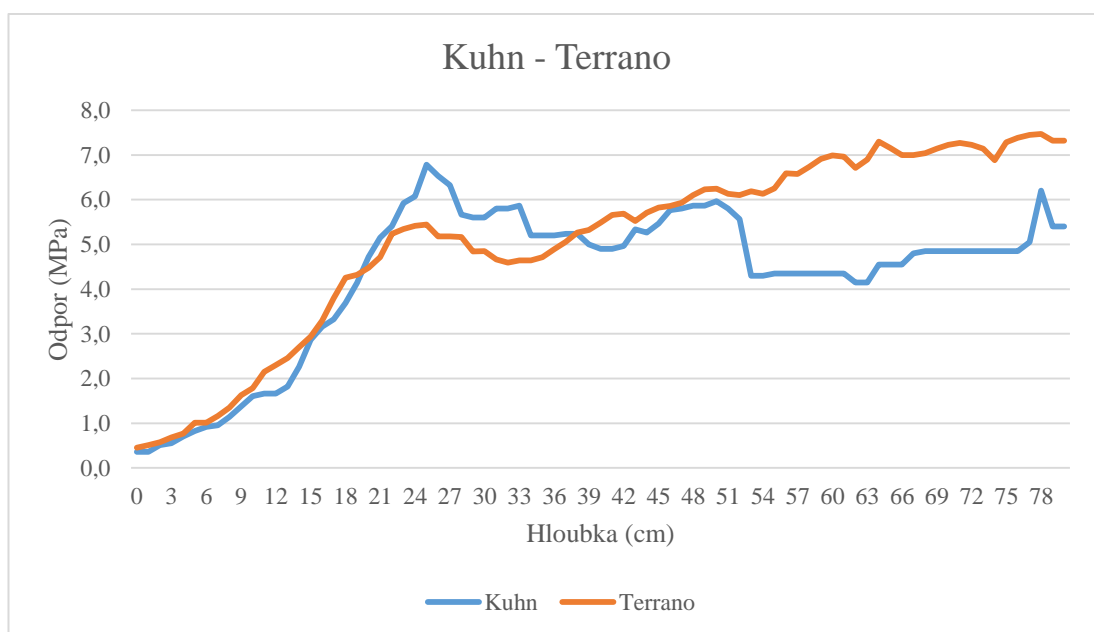
Penetrometrický odpor v den tohoto měření byl získáván na dvou stanovištích po patnácti měřeních, celkem bylo provedeno třicet měření. Každé ze stanovišť se nacházelo na jedné z polovin, zhruba mezi lokalitami z předchozích dvou měřeních. Získaná data byla následně zpracována do tabulek a grafů a porovnána stejně jako data z předchozích měřeních.

Tabulka 26: Souhrn dat získaných při závěrečném měření

Kuhn - Terrano				
	Kuhn	Terrano	Rozdíl	Rozdíl v %
Max. hloubka (cm)	80,00	80,00	0,00	0,00%
Průměrná hloubka (cm)	33,60	54,27	20,67	61,51%
Max. odpor (MPa)	8,30	9,00	0,70	8,43%
Průměrný odpor (MPa)	3,24	4,50	1,26	38,78%

V tabulce č. 26 jsou zpracovány a shrnuty hodnoty, které byly získané při tomto posledním měření do maximální možné hloubky. Názvy stanovišť se zde opět pojmenovaly podle způsobu zpracování půdy. Maximální hloubka dosažena na obou dvou stanovištích byla zcela totožná, a to maximální možná 80 cm. Oproti tomu, že se maximální hloubka vůbec nelišila, tak v průměrné hloubce už nastala výrazná změna. Tato hloubka se mezi místy lišila o 61,51%, což představovalo více jak 20 cm. Zde se už zcela jistě projevil způsob zpracování půdy. Na zorané části pozemku byla průměrná hloubka 33,6 cm, zatímco na části zkyplené tato hodnota dosáhla 54,27 cm.

Takto vysoká průměrná hloubka vyplynula z toho, že nejčastější dosažená hloubka z celkových patnácti měření byla právě ta maximální, 80 cm. Při orbě mohla vzniknout utužená podorniční vrstva, která zabraňovala vláze a dalším činitelům v prostupnosti do větší hloubky ornice. Radličkový kypřič na druhou stranu tuto vrstvu tolik netvořil, spíše mohl utuženější podorniční vrstvu z předešlých let, alespoň trochu rozrušit a tím pomoci vláze v pronikání do větší hloubky v půdním profilu. Maximální naměřený odpor se lišil o 0,7 MPa. Kdy na zkypřené části byl vyšší a dosáhl v hloubce 61 cm 9 MPa. Zároveň to byla i nejvyšší hodnota penetrometrického odporu, která se naměřila během všech měření. V průměrném odporu též nastal rozdíl, který činil 38,78%. To představovalo o 1,26 MPa vyšší hodnotu na zkypřené části. Tento odpor tedy na zorané části byl 3,24 MPa a na zkypřené 4,50 MPa. Takto vysoké hodnoty jsou z toho důvodu, že se měřilo hlouběji v půdním profilu. Hlouběji je odpor mnohem vyšší, než do hloubky kolem 20 cm, kde je půda zpracovávána.



Graf 11: Porovnání penetrometrického odporu při závěrečném měření

V grafu č. 11 jsou znázorněny všechny naměřené hodnoty a jejich průběh. Od počátku měření byl charakter stoupání hodnot velice podobný. Penetrometrický odpor se pohyboval okolo 3 MPa už v hloubce 15 cm a to na obou částech pozemku. Hlouběji v půdě odpor stále strmě rostl, jak po orbě, tak i po kypření. Tento strmý růst pokračoval až do hloubky kolem 23 cm, kde se na zkypřené části zastavil. V 26 cm byl velmi znatelný rozdíl v penetrometrickém odporu mezi orbou a kypřením, tento rozdíl představoval 1,34 MPa. Takováto hodnota už představuje dosti velkou změnu, jež mohla být zapříčiněna způsobem zpracováním půdy. Z této hodnoty se dá také

odvozovat, že velmi pravděpodobně právě v této hloubce se může nacházet utužená podorniční vrstva. Dále v půdním profilu odpor nepatrně na zkypržené části klesal do 35 cm, poté nastalo mírné stoupání, které pokračovalo s několika zanedbatelnými poklesy až do konce. Měření na této části skončilo v maximální hloubce 80 cm s odporem 7,32 MPa. Na části po orbě odpor také klesal až do hloubky 42 cm, kde dosáhl téměř 5 MPa. Poté se znovu zvedl v 51 cm na 6 MPa. Dále nastal prudký pokles, ale následovalo lehké stoupání až do konce měření pouze s jednou výjimkou ke konci, kdy odpor prudce stoupl, ale opět klesl a skončil na 5,40 MPa. Průběh odporu na zorané části měl mnohem více výkyvů, než tomu bylo po kypření.

Tabulka 27: Penetrometrický odpor do hloubky 20 cm při závěrečném měření.

Kuhn - Terrano do 20 cm				
	Kuhn	Terrano	Rozdíl	Rozdíl v %
Max. odpor (MPa)	6,80	7,70	0,90	13,24%
Průměrný odpor (MPa)	1,84	2,05	0,22	11,77%

Hodnoty do 20 cm hloubky, které byly získané při závěrečném měření, jsou shrnuty v tabulce č. 27. Maximální odpor se lišil o 13,24% což bylo téměř 1 MPa. Na zorané části byl tento odpor nižší a představoval 6,80 MPa. Průměrný odpor se lišil velmi málo a to pouze o 0,22 MPa. Na stanovišti Kuhn byl tento odpor zjištěn 1,84 MPa a na Terrano 2,05 MPa. Z toho vyplývá, že v porovnání s prvním měřením po zpracování půdy se tyto hodnoty velmi změnily. Při tomto měření je odpor na Terrano vyšší, kdežto při druhém měření to bylo zcela opačně.

Tabulka 28: Penetrometrický odpor v hloubce 21-80 cm při závěrečném měření

Kuhn - Terrano od 21 cm				
	Kuhn	Terrano	Rozdíl	Rozdíl v %
Max. odpor (MPa)	8,30	9,00	0,70	8,43%
Průměrný odpor (MPa)	5,41	5,98	0,56	10,43%

Data v tabulce č. 28 ze zbytku měřeného půdního profilu ukazují, že maximální odpor se na zkypržené části pohyboval velmi vysoko a to až u hranice 9 MPa. Na části zorané byl odpor také velmi vysoko, zde dosáhl hodnoty 8,30 MPa. Tento rozdíl byl téměř stejný v porovnání s hloubkou do 20 cm. Průměrný odpor se lišil o 10,43%, to představovalo 0,56 MPa. Tato hodnota už by mohla být znatelná při ovlivňování procesů v půdě (půdní fauna, pohyb vody, apod.). Po orbě byl odpor 5,41 MPa a po kypření 5,98 MPa. Na obou částech byly tyto hodnoty nejmenší ze všech provedených měření v takovéto hloubce.

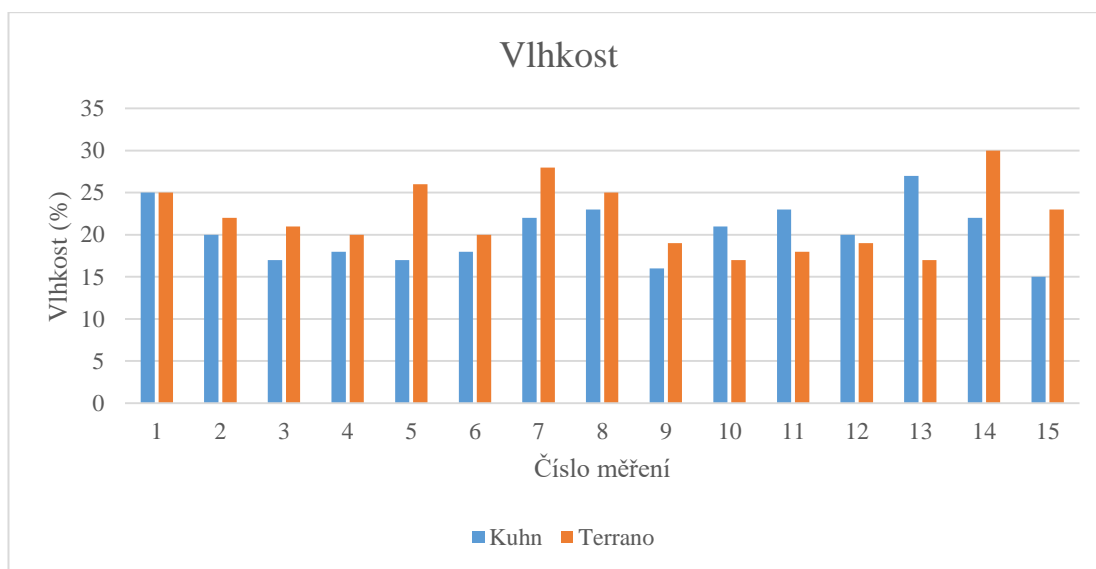
7.4.3 Vlhkost půdy

Vlhkost půdy při tomto měření, už byla mnohem vyšší než při předešlých, a to i přesto, že srážky dosahovaly podprůměru, průměrná teplota v této oblasti byla vyšší, plodina vzcházela a spotřebovávala půdní vláhu. Oproti tomu nebylo tolik slunečných dní, tudíž sluneční záření tolik nevysušovalo svrchní část pozemku.

Tabulka 29: Vlhkost půdy naměřena při závěrečném měření

Kuhn - Terrano			
	Kuhn	Terrano	Rozdíl
Max. vlhkost (%)	27,0	30,0	3,0
Průměrná vlhkost (%)	20,3	22,0	1,7

Data byla shrnuta do tabulky č. 29. Zde už se maximální vlhkost na zorané části pohybovala na 27% a na zkyplené byla ještě vyšší a to 30%. Průměrná vlhkost se zvedla na Kuhn téměř dvakrát na hodnotu 20,3%. Na Terrano se dokonce zvýšila více jak dvakrát od předchozích měření a to na hodnotu 22%. Na obou stanovištích to však není tolik, kolik by bylo zapotřebí pro správný vývoj plodiny. Bez ohledu na to, že to stále nebyly dostatečné hodnoty, byl to mnohem lepší výsledek než u předchozích měření.



Graf 12: Vlhkost půdy naměřena při závěrečném měření

V grafu č. 12 jsou znázorněny hodnoty vlhkostí, které byly naměřeny při závěrečném měření. Je možné pozorovat, že v drtivé většině případů je vlhkost na zkyplené části vyšší. Samozřejmě i na toto mohla mít vliv technologie, kterou byl pozemek zpracovaný.

Závěr

V bakalářské práci byly zhodnoceny a porovnány vlivy orebného a bezorebného zpracování půdy na její vlastnosti. Sledován byl především vliv rozdílných technologií na penetrometrický odpor půdy, dále na hloubku měřeného půdního profilu a vlhkost půdy. Pokus byl prováděn na pozemku, který využívá k hospodaření Zemědělské družstvo Nemějice.

Po prvním měření, které proběhlo den po sklizni předplodiny, byla získaná data vyhodnocena. Ukázalo se, že průměrný penetrometrický odpor se na všech stanovištích lišil velmi zanedbatelně. V celém profilu měření se odpor půdy na obou částech pozemku pohyboval okolo hodnoty 3,60 MPa, pouze na jednom ze stanovišť byl 3,98 MPa. Maximální naměřený penetrometrický odpor byl v rozmezí 7,90 až 8,20 MPa na všech čtyřech stanovištích, tudíž také velmi malý rozdíl. Průměrná hloubka se na dvou stanovištích téměř nelišila, na jedné části byla 24,45 cm a na druhé pouze o 0,05 cm vyšší. Stejně tomu bylo i na zbylých dvou stanovištích, kde byla průměrná hloubka 19,7 cm a 19,4 cm. Rozdíl mezi nimi byl velmi malý, ovšem lišili se od předchozích dvou stanovišť, a to o více jak 5 cm. Maximální dosažená hloubka během měření byla na všech místech zcela rozdílná a pouze na jednom ze stanovišť bylo měřeno až do hloubky 80 cm. Na ostatních stanovištích byla maximální hloubka 51, 34 a 40 cm. Nejnižší vlhkost půdy naměřená pomocí sondy do 10 cm hloubky činila 12,10%, oproti tomu nejvyšší 13,30%. Opět toto nebyl tak znatelný rozdíl a na těchto nízkých hodnotách se velmi podílel nedostatek srážek v celém letním období. Takto malé rozdíly ve většině hodnot byly zcela jistě zapříčiněny faktem, že na tomto pozemku vždy byla používána stejná technologie zpracování půdy, zde konkrétně konvenční orba.

Druhé měření proběhlo více jak měsíc po prvním. V tomto období proběhly veškeré pracovní operace spojené se zpracováním půdy až po setí. Hodnoceno zde bylo, jak se sledované hodnoty změnily. Po orbě se průměrný odpor na jednom ze stanovišť snížil o 14,01%, což představovalo -0,51 MPa. Podobně tomu bylo do hloubky 20 cm, kde nastal pokles o 17,40%, to znamenalo hodnotu 0,54 MPa. Průměrná hloubka na tomto stanovišti se zvýšila o 15,74%, tedy nárůst hloubky +3,1 cm. Vlhkost půdy zde poklesla z 12,1% na 9,9%. Na druhém stanovišti, kde byla též provedena orba, nastaly ještě menší změny než u předchozího místa. Průměrný odpor se snížil pouze o 0,13 MPa a do hloubky 20 cm se naopak zvýšil

o téměř 0,50 MPa. Průměrná hloubka měření se zvýšila o málo znatelných 0,55 cm na 25 cm. Zde vlhkost klesla podobně jako na prvním stanovišti o 2,1% na 10,6%. Jinak už tomu bylo na části, kde byla půda zpracována kypřičem namísto pluhu. Na prvním stanovišti se průměrný odpor snížil o 28,15 %, to představovalo hodnotu více jak 1 MPa. Tento rozdíl už je pro pěstování rostlin a život v půdě velmi znatelný a je dvojnásobně vyšší, než tomu bylo u orby. Do hloubky 20 cm nastal také pokles odporu o 0,66 MPa, opět to byla vyšší hodnota oproti orbě. Navzdory tomu, že penetrometrický odpor klesl, tak průměrná hloubka razantně klesla o necelých 7 cm a to i přesto, že hloubka zpracování pluhem i kypřičem byla téměř totožná. Vlhkost půdy klesla na 8,7% to bylo o více jak 1% méně než po orbě. Na druhém stanovišti, kde bylo provedeno kypření, se průměrný odpor snížil stejně jako na prvním o 31,27%, to představovalo -1,13 MPa. Do 20 cm hloubky hodnota průměrného odporu klesla opět podobně jako na prvním stanovišti o 0,58 MPa. Průměrná hloubka však znovu klesla a to o 1,1 cm. Nebyl to však takový pokles jako na prvním místě po kypřiči. Vlhkost půdy na tomto stanovišti klesla stejně jako na všech předchozích místech. Hodnota se pohybovala na 9,3%, což bylo srovnatelné s měřeními na místech po orbě.

Třetí a zároveň poslední měření proběhlo více jak měsíc po druhém. Zjištěné hodnoty ukazovaly, že na zorané části byl penetrometrický odpor v celém měřeném profilu 3,24 MPa, což znamená o 1,26 MPa více než po kypření. Opačně tomu bylo u průměrné hloubky, která byla na zkypřené části 54,27 cm a po orbě pouze 33,60 cm. To znamenalo rozdíl více jak 60%. Do hloubky 20 cm byl odpor po pluhu stále menší. Jeho hodnota byla 1,84 MPa, o 0,22 MPa méně než na druhé části. Vlhkost půdy při tomto měření se o dost zvýšila oproti předchozím. Po orbě byla 20,3% a po kypření o 1,7% vyšší, tedy 22%. Z toho vyplývá, že půda po kypření dokázala lépe zadržet vláhu.

Ze všech naměřených hodnot vyplynulo, že penetrometrický odpor se během roku mění a závisí na různých okolnostech, jako je počasí či způsob zpracování půdy. Po prvním měření bylo zcela patrné, že odpor půdy je po kypřiči menší jak v celém horizontu, tak i do hloubky 20 cm. A vlhkost půdy byla téměř totožná. Při druhém měření však penetrometrický odpor byl téměř srovnatelný na obou částech pozemku. Ovšem po znázornění v grafu se ukázalo, že rozdíl v odporu nastal přibližně v hloubce 25 cm, kdy po kypření začal klesat a po orbě dále stoupal. Z toho lze vyvodit, že kypřič je šetrnější na zhutnění podorniční a nevytváří zhutnělou vrstvu.

Seznam použité literatury

- Google (2019). Google mapy [online]. ©2019 [cit. 2019-01-21]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/@49.3070168,14.3685788,1745m/data=!3m1!1e3>.
- Hůla, J., & Procházková, B. (2002). *Vliv minimalizačních a půdoochranných technologií na plodiny, půdní prostředí a ekonomiku*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací. ISBN 80-7271-106-7.
- Hůla, J., & Procházková, B. (2008). *Minimalizace zpracování půdy*. Praha: Profi Press. ISBN 978-80-86726-28-1.
- Hůla, J., Abrham, Z., & Bauer, F. (1997). *Zpracování půdy*. Praha: Nakladatelství Brázda. ISBN 80-209-0265-1.
- Javůrek, M., & Vach, M. (2008). *Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby. ISBN 978-80-87011-57-7.
- Kozák, J. (2009). *Atlas půd České republiky*. Praha: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-2008-6.
- Lhotský, J. (2000). *Zhutňování půd a opatření proti němu*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací. ISBN 80-7271-067-2.
- Ministerstvo zemědělství. (2018). *Situační a výhledová zpráva*. Praha: Ministerstvo zemědělství. ISBN 978-80-7434-476-3.
- Neubauer, K. (1989). *Stroje pro rostlinnou výrobu*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. ISBN 80-209-0075-6.
- Šarapatka, B. (2014). *Pedologie a ochrana půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého. ISBN 978-80-244-3736-1.
- Šimon, J., & Lhotský, J. (1989). *Zpracování a zúrodňování půd*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. ISBN 80-209-0048-9.
- Šimon, J., Škoda, V., & Hůla, J. (1999). *Zakládání porostů polních plodin novými technologiemi*. Praha: Agrospoj.
- Škoda, V., & Cholenský, J. (1993). *Konvenční a perspektivní způsoby a kultivace půdy*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZVŽ ČSR. ISBN 80-7105-048-2.
- Tomášek, M. (2007). *Půdy České republiky*. Praha: Česká geologická služba. ISBN 978-80-7075-688-1.
- Rada Evropské unie (2006). *Návrh směrnice evropského parlamentu a rady o zřízení rámce pro ochranu půdy a o změně směrnice 2004/35/ES*. Brusel: Rada Evropské unie.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Orební těleso (Neubauer, 1989)	19
Obrázek 2: Trojstranný klín (Neubauer, 1989)	20
Obrázek 3: Otočný oboustranný sedmi radličný pluh Kuhn Vari - Leader	22
Obrázek 4: Talířový podmítač Horsch Joker 6RT	25
Obrázek 5: Radličkový kypřič Horsch Terrano 4FX	26
Obrázek 6: Pokusný pozemek (Google, 2019)	29
Obrázek 7: Rozdělení pozemku podle elektrického vedení	34
Obrázek 8: Tvorba projektu v softwaru PenetroViewer	35
Obrázek 9: Zpracování dat pomocí PenetroViewer	37
Obrázek 10: Pozemek po sklizni řepky	38
Obrázek 11: Pozemek po zpracování půdy	42
Obrázek 12: Růst pšenice na zorané (horní část) a zkyplené části (spodní část)	57

Seznam tabulek

Tabulka 1: Hraniční hodnoty fyzikálních vlastností půdy (Lhotský, 2000)	16
Tabulka 2: Pracovní operace provedené v letech 2012-2017	30
Tabulka 3: Pracovní operace provedené od 15. srpna do konce září v roce 2017	31
Tabulka 4: Pracovní operace od ledna do srpna 2018.....	32
Tabulka 5: Pracovní operace provedené od září do konce roku 2018	33
Tabulka 6: Souhrn dat naměřených před zpracováním půdy.....	39
Tabulka 7: Vlhkost půdy před zpracováním	41
Tabulka 8: Souhrn dat naměřených po zpracování půdy	43
Tabulka 9: Vlhkost půdy naměřená po zpracování půdy.....	45
Tabulka 10: Porovnání hodnot zjištěných na stanovišti Kuhn 1.....	45
Tabulka 11: Penetrometrický odpor do 20 cm na stanovišti Kuhn1	47
Tabulka 12: Penetrometrický odpor v hloubce 21-34 cm na stanovišti Kuhn1	47
Tabulka 13: Vlhkost půdy naměřena na stanovišti Kuhn1	47
Tabulka 14: Porovnání hodnot na stanovišti Kuhn2.....	48
Tabulka 15: Penetrometrický odpor do 20 cm na stanovišti Kuhn2.....	50
Tabulka 16: Penetrometrický odpor v hloubce 21-80 cm na stanovišti Kuhn2.....	50
Tabulka 17: Vlhkost půdy naměřena na Kuhn2.....	50
Tabulka 18: Porovnání hodnot získaných na stanovišti Terrano1	51
Tabulka 19: Penetrometrický odpor do hloubky 20 cm na stanovišti Terrano1.....	52
Tabulka 20: Penetrometrický odpor v hloubce 21-27 cm na stanovišti Terrano1.....	53
Tabulka 21: Vlhkost půdy naměřena na stanovišti Terrano1.....	53
Tabulka 22: Porovnání hodnot získaných na stanovišti Terrano2	54
Tabulka 23: Penetrometrický odpor do hloubky 20 cm na stanovišti Terrano2.....	55
Tabulka 24: Penetrometrický odpor v hloubce 21-22 cm na stanovišti Terrano2.....	56
Tabulka 25: Vlhkost půdy naměřena na stanovišti Terrano2.....	56
Tabulka 26: Souhrn dat získaných při závěrečném měření	58
Tabulka 27: Penetrometrický odpor do hloubky 20 cm při závěrečném měření.....	60
Tabulka 28: Penetrometrický odpor v hloubce 21-80 cm při závěrečném měření	60
Tabulka 29: Vlhkost půdy naměřena při závěrečném měření.....	61

Seznam grafů

Graf 1: Výsledky měření před zpracováním půdy	40
Graf 2: Výsledky měření po zpracování půdy	44
Graf 3: Porovnání penetrometrických odporů na stanovišti Kuhn1.....	46
Graf 4: Vlhkost půdy naměřena na stanovišti Kuhn1	48
Graf 5: Průběh penetrometrických odporů na stanovišti Kuhn2.....	49
Graf 6: Vlhkost půdy naměřena na Kuhn2	51
Graf 7: Průběh penetrometrických odporů na stanovišti Terrano1	52
Graf 8: Vlhkost půdy naměřena na Terrano1	54
Graf 9: Porovnání odporů na stanovišti Terrano2.....	55
Graf 10: Vlhkost půdy naměřena na stanovišti Terrano2	56
Graf 11: Porovnání penetrometrického odporu při závěrečném měření.....	59
Graf 12: Vlhkost půdy naměřena při závěrečném měření	61

Přílohy

Příloha 1: John Deere 7530 Premium s rozmetadlem minerálních hnojiv Bogballe M2 Plus.....	69
Příloha 2: John Deere 7530 Premium s rozmetadlem na organická hnojiva Annaburger HTS 20.79	69
Příloha 3: John Deere 7530 Premium s taženým postřikovačem MGM Holešov	70
Příloha 4: Sklizeň řepky ozimé sklízecí mlátičkou Case IH 8010 AxialFlow.....	70
Příloha 5: Zpracování půdy talířovým podmítačem Horsch Joker 6RT tažený kolovým traktorem John Deere 6210R	71
Příloha 6: Zpracování půdy radličkovým kypřičem Horsch Terrano 4FX s traktorem John Deere 8220.....	71
Příloha 7: Zpracování půdy sedmi radličným otočným pluhem Kuhn Vari Leader..	72
Příloha 8: Předseťová příprava se strojem Horsch Joker 6RT a traktorem John Deere 6210R	72
Příloha 9: Secí stroj Lemken Solitair 9 v agregaci s John Deerem 8200.....	73
Příloha 10: Měřicí přístroj s příslušenstvím v ochranném kufru.....	73
Příloha 11: Rozdělení pozemku znázorněné žlutou čarou, černě označená místa, kde probíhalo první a druhé měření a zeleně, kde se uskutečnilo závěrečné měření (Google, 2019)	74
Příloha 12: Měření po sklizni řepky ozimé	74
Příloha 13: Závěrečné měření	75



Příloha 1: John Deere 7530 Premium s rozmetadlem minerálních hnojiv Bogballe M2 Plus



Příloha 2: John Deere 7530 Premium s rozmetadlem na organická hnojiva Annaburger HTS 20.79



Příloha 3: John Deere 7530 Premium s taženým postřikovačem MGM Holešov



Příloha 4: Sklizeň řepky ozimé sklízecí mlátičkou Case IH 8010 AxialFlow



Příloha 5: Zpracování půdy talířovým podmiřákem Horsch Joker 6RT tažený kolovým traktorem John Deere 6210R



Příloha 6: Zpracování půdy radličkovým kypřičem Horsch Terrano 4FX s traktorem John Deere 8220



Příloha 7: Zpracování půdy sedmi radličným otočným pluhem Kuhn Vari Leader



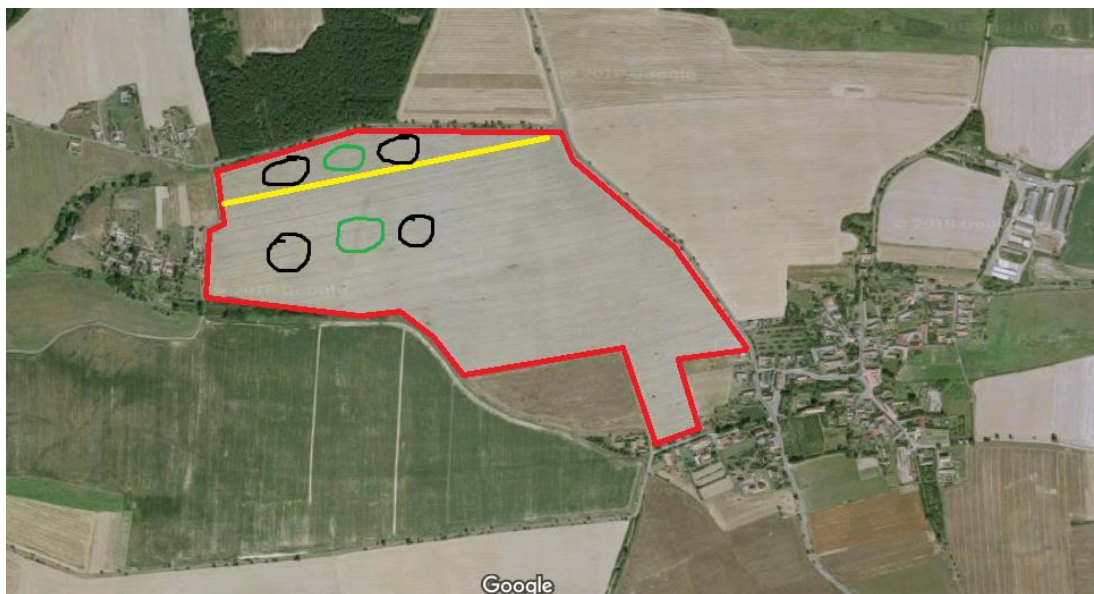
Příloha 8: Předseťová příprava se strojem Horsch Joker 6RT a traktorem John Deere 6210R



Příloha 9: Sečí stroj Lemken Solitair 9 v agregaci s John Deerem 8200



Příloha 10: Měřicí přístroj s příslušenstvím v ochranném kufříku



Příloha 11: Rozdělení pozemku znázorněné žlutou čarou, černě označená místa, kde probíhalo první a druhé měření a zeleně, kde se uskutečnilo závěrečné měření (Google, 2019)



Příloha 12: Měření po sklizni řepky ozimé



Příloha 13: Závěrečné měření