Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra zemědělských strojů

Kvalita práce strojů při zpracování půdy

Diplomová práce

Vedoucí práce: prof. Ing. Josef Hůla, CSc.

Autor práce: Bc. Jiří Vomáčka

PRAHA 2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jiří Vomáčka

Zemědělská technika

Název práce

Kvalita práce strojů při zpracování půdy

Název anglicky

The work quality at machines for soil tillage

Cíle práce

Vyhodnotit ukazatele kvality práce strojů při primárním a sekundárním zpracování půdy.

Metodika

Vypracování literární rešerše na téma metody hodnocení kvality práce strojů při zpracování půdy. Měření ukazatelů kvality práce strojů při primárním a sekundárním zpracování půdy. Vyhodnocení dat s využitím metod experimentální statistiky. Komentování vlastních výsledků, porovnání s výsledky jiných autorů. Vypracování závěrů a doporučení.

Doporučený rozsah práce

50 – 60 stran včetně tabulek a obrázků.

Klíčová slova

zpracování půdy; kvalita práce strojů; hloubka kypření; profil povrchu půdy

---

Doporučené zdroje informací

Brant V. a kol. (2016). Pásové zpracování půdy (strip tillage). Praha, Profi Press, 147 s.
Články v odborných časopisech (Mechanizace zemědělství, Úroda a j.)
Hůla J., Procházková B. a kol. (2008). Minimalizace zpracování půdy. Praha, Profi Press, 246 s.
Informační materiály výrobců i prodejců strojů na zpracování půdy.
Titi A.E. et al. (2003). Soil tillage in agroecosystem. CRC Press, 367 pp.

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Josef Hůla, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra zemědělských strojů

Elektronicky schváleno dne 17. 1. 2017

prof. Dr. Ing. František Kumhála

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 1. 2017

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 06. 10. 2017

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Kvalita práce strojů při zpracování půdy vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

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

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

V Praze dne ....

podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu prof. Ing. Josefu Hůlovi, CSc. za odborný dohled, ochotu a cenné rady při měření i zpracování této práce. Dále bych mu rád poděkoval za zprostředkování strojů, prostor pro měření a za vstřícné konzultace při zpracování dat.

Abstrakt:

Tato diplomová práce na téma kvalita práce strojů při zpracování půdy se v úvodní části rešerše zabývá základními vlastnostmi půdy. Dále jsou zde popsány systémy zpracování půdy. Třetí část rešerše je věnována způsobům hodnocení kvality zpracování půdy. Zde je rozebrána drsnost povrchu půdy, pokrytí povrchu pozemku rostlinnými zbytky a infiltrace vody do půdy. Pro každý z těchto parametrů jsou zde popsány i metody pro jejich měření.

Vlastní měření kvality zpracování půdy bylo provedeno před a po zpracování půdy kombinovaným kypřičem. Měřena zde byla hrudovitost, profil povrchu půdy před i po zpracování, profil dna brázdy, drsnost povrchu půdy a pokryvnost povrchu půdy rostlinnými zbytky. Měření byla následně vyhodnocena a data statisticky zpracována pomocí programu Statistica 12.

Klíčová slova: zpracování půdy; kvalita práce strojů; hloubka kypření; profil povrchu půdy

The work quality at machines for soil tillage

Summary:

The thesis on the quality of work at tillage machines in the introductory part of the research deals with the basic properties of the soil. Further, there are described soil treatment systems. The third part of the research is devoted to ways of assessing the quality of soil cultivation. Here is dismantled soil roughness, surface coverage crop residues and water infiltration into the soil. For each of these parameters, there are also described methods for measuring them.

Own measurement of soil quality was done before and after soil cultivation with the combined cultivator. Measured here was roughness, soil surface profile before and after treatment, profile of furnace bottom and crop residue cover. The measurements were subsequently evaluated and statistically processed using the Statistica 12 program.

Keywords: soil processing; the quality of the machine work; depth of loosening; soil surface profile

OBSAH

1 Úvod 1

2 Literární rešerše 2

2.1 Půda 2

2.1.1 Půdní úrodnost 2

2.1.2 Zrnitostní složení půdy 3

2.1.3 Vlhkost půdy 3

2.1.4 Obsah humusu v půdě 3

2.1.5 Objemová hmotnost půdy 4

2.1.6 Pórovitost půdy 4

2.1.7 Penetrační odpor půdy 5

2.2 Zpracování půdy 5

2.2.1 Systémy zpracování půdy 6

2.2.1.1 Konvenční zpracování půdy 6

2.2.1.2 Konzervační (ochranné) zpracování půdy 7

2.2.1.3 Přímé setí 9

2.2.1.4 Pásové zpracování půdy (strip-tillage) 9

2.2.2 Hodnocení kvality zpracování půdy 10

2.2.2.1 Rostlinné zbytky na povrchu půdy 10

2.2.2.2 Drsnost povrchu půdy 16

2.2.2.3 Infiltrace vody do půdy 25

3 Cíl práce 30

4 Metodika 31

4.1 Charakteristika pozemku 31

4.2 Charakteristika použitých strojů 31

4.3 Výchozí stav pozemku 32

4.4 Metody použité při experimentu 33
4.4.1 Měření drsnosti povrchu půdy řetězovou metodou 33
4.4.2 Měření drsnosti povrchu půdy výpočtem z výstupků a prohlubní 34
4.4.3 Stanovení hrudovitosti podle hmotnosti hrud 35
4.4.4 Měření drsnosti povrchu půdy mechanickým profilografem 35
4.4.5 Měření množství rostlinných zbytků zpracováním obrazu 37
5 Naměřené hodnoty 39
5.1 Výsledky měření drsnosti povrchu půdy řetězovou metodou 39
5.2 Výsledky drsnosti povrchu půdy výpočtem z výstupků a prohlubní 40
5.3 Výsledky hrudovitosti podle hmotnosti hrud 41
5.4 Výsledky měření drsnosti povrchu půdy mechanickým profilografem 42
5.5 Výsledky množství rostlinných zbytků zpracováním obrazu 46
6 Diskuse 48
7 Závěr 52
8 Seznam literatury 53
9 Seznam tabulek 59
10 Seznam obrázků 59

1 Úvod

Půda je neobnovitelný přírodní zdroj, který je v zemědělství hlavní výrobní prostředek pro výrobu potravin. V posledních sto letech je půda kvůli vývoji techniky a technologie stále intenzivněji využívána. To je však riziko pro udržitelnost využívání půdy, jelikož poškození půdního prostředí způsobuje ovlivnění výnosů i na několik desítek let.

Půda je ohrožena celou řadou přírodních jevů, ale i lidskou činností. Dle odhadů bylo lidskou činností na Zemi již zničeno 50 % celkové původní plochy produktivní půdy a během sta let ubylo 10 milionů kilometrů čtverečních obdělávané půdy. Tato půda ubývá především v Africe a na Dálném východě. Celosvětově je půda ohrožena především vodní a větrnou erozí. Problémem je okyselování půd působením kyselých dešťů. Dalším zásadním problémem pro Afriku, Asii a Latinskou Ameriku je rozšiřování pouští z důvodu odlesňování. (Nováček, Huba, 1994)

Rizikem pro půdní úrodnost v rámci České republiky je také hospodaření na úkor úrodnosti půdy v budoucnosti. Pochybení, která se k tomuto váží, jsou například zhutnění půdy při předchozích operacích, nedostatečná péče o půdní organickou hmotu, extrémně zjednodušené sledy plodin (absence zlepšujících plodin), přetížení půdy kukuřicí pro energetické účely a s tím i současná vodní eroze při pěstování kukuřice. (Hůla a kol., 2008)

Vodní erozí v České republice je ohrožena okolo 50 % celkové zemědělské půdy. To je z velké části způsobeno spojováním zemědělských ploch do velkých celků po druhé světové válce a současným trendem pěstování širokořádkových plodin jako kukuřice bez pokrytí povrchu půdy organickou hmotou. (Šarapatka, 2012)

Volba správného systému zpracování půdy a správného stroje, je velmi podstatná pro ovlivnění těchto negativních dopadů na půdu. Proto je nutné se touto problematikou zabývat.

2 Literární rešerše

2.1 Půda

Půda je základním, omezeným a neobnovitelným přírodním zdrojem, nutným pro pěstování rostlin, pro výrobu potravin, pěstování krmných a ostatních rostlin. Je to porézní svrchní vrstva zemské kůry. Skládá se z minerálních částic, živých organismů, organických zbytků v různé fázi rozkladu a je prostoupena vodou a vzduchem. Zemědělská půda je využívána hlavně k pěstování rostlin. Půda má mnoho vlastností, jenom některé jsou, ale podstatné z hlediska zpracování půdy. Pro zpracování je podstatná především štěrkovitost, struktura, abrazivní schopnosti, součinitel tření, pevnost a vlhkost půdy. (Kumhála a kol., 2007; Vrba, Huleš, 2006)

Půda se vyvinula postupným zvětráváním povrchových vrstev zemské kůry, dále z organických látek jako jsou zbytky rostlin, z edafonu (mikroorganismů a makroorganismů v půdě), působením povětrnostních vlivů jako je voda, vítr, teplo a dalších činitelů (podnebí, činnost člověka, čas atd.). Jeden centimetr takto vzniklé půdy se vyvíjí desítky až stovky let. (Vrba, Huleš, 2006)

Jelikož je půda neobnovitelným zdrojem, měl by být při jejím obhospodařování neustále v popředí zájem o uchování její úrodnosti a jejích ekologických funkcí. (Skalický, 2004)

2.1.1 Půdní úrodnost

Půdní úrodnost je základní vlastností půdy. Rostlinám poskytuje přirozené stanoviště, podmínky k růstu a rozvoji. Půdní úrodnost je složitý soubor znaků půdy. Tyto specifické znaky vyjadřují například zrnitost a fyzikální vlastnosti, ale i povětrnostní podmínky jako jsou teplota, obsah půdní vody, obsah půdního vzduchu, kyselost, zapravení organických a minerálních hnojiv.

Úrodnost je v praxi dvojí. Dělí se na:

- *Potenciální (přirozenou) úrodnost* – Ta je dána podmínkami, při nichž půda vznikala. Tato úrodnost je vhodná pro půdy nezasažené lidskou činností.
- *Efektivní (skutečná) úrodnost* – Složená z přirozené úrodnosti a vlivů zásahů člověka do úrodnosti půdy. (Vrba, Huleš, 2006)

2.1.2 Zrnitostní složení půdy

Zrnitost půdy je dána zastoupením různých velikostí minerálních částic v půdě. Podle velikosti zrn rozdělujeme půdy do půdních druhů. Dělíme je na *těžké půdy* (jíly, jílovité, jílovitohlinité půdy), *střední půdy* (hlinité, písčitohlinité půdy) a *lehké půdy* (písčité, hlinitopísčité půdy). Nejpodstatnější je zastoupení jílnatých částic (do 0,01mm). (Hůla a kol., 1997)

2.1.3 Vlhkost půdy

Vlhkost půdy je velmi proměnlivá. Na vlhkosti závisí značně odpor půdy a drobivost hrud. Pro každý druh půdy je z hlediska odporu při zpracování ideální jiná vlhkost půdy. Například pro písčité půdy je při zpracování vhodná vlhkost 8 až 10 % a pro jílovité půdy je optimální vlhkost 18 až 21 %. Při těchto optimálních vlhkostech je odpor při zpracování nejnižší. Odpor se zvyšuje při nižší i při vyšší vlhkosti. (Kumhála a kol., 2007)

2.1.4 Obsah humusu v půdě

Humus tvoří organické látky v půdě, které prošly složitým humusotvorným procesem. Vzniká rozkladem odumřelých zbytků rostlin, živočichů a mikrobů v půdě za omezeného přístupu vzduchu. (Vrba, Huleš, 2006)

Humus je v půdách zastoupen v porovnání s obsahem minerálních složek minimálně, přesto má zásadní vliv na úrodnost půdy. Humus v půdě zlepšuje i její vlastnosti při zpracování, například u těžkých půd zlepšuje jejich zpracovatelnost a u lehkých půd zlepšuje odolnost proti rozprašování. (Hůla a kol., 1997)

Tabulka 1 - Rozdělení půd podle obsahu humusu (Šarapatka, 1996)

Půdy	Obsah humusu [Hmotnostní %]	
	v lehkých půdách	ve střeních a těžkých půdách
Bezhumózní	0	0
Slabě humózní	<1	<2
Středně humózní	1-2	2-5
Silně humózní	>2	>5

2.1.5 Objemová hmotnost půdy

Je dána poměrem hmotnosti a objemu. Využívá se pro hodnocení nakypření nebo utužení půdy. Objemové hmotnosti dělíme na *neredukovanou* (objemová hmotnost vlhké půdy) a na *redukovanou* (objemová hmotnost vysušené půdy). (Páltik a kol., 2003)

2.1.6 Pórovitost půdy

Pórovitost vyjadřuje podíl mezi půdními částicemi a půdními dutinami. Pórovitost zásadně ovlivňuje zadržování vody v půdě a její pohyb.

Půdní dutiny se podle velikosti dělí na:

- nekapilární (hrubé) – voda z nich odtéká,
- semikapilární (střední) – vyplněné vzduchem nebo vodou,
- kapilární (jemné) – zadržuje se v nich voda vzlínáním.

Pórovitost se nejčastěji vyjadřuje v procentech. Nabývá obvykle hodnoty 40-50 %. (Šarapatka, 1996)

2.1.7 Penetrační odpor půdy

Penetrační odpor je zjišťován kvůli určení utužení půdy. Měří se penetrometrem. Zjišťování penetračního odporu spočívá v měření síly potřebné pro zatlačení kužele do půdy v různé hloubce. V průběhu měření je zaznamenáván odpor nutný k vnikání kužele do půdy a hloubka, výstupem je křivka naznačující změny v odporu v různé hloubce. Naměřené hodnoty penetračního odporu však velmi závisí na zrnitosti a vlhkosti do takové míry, že naměřené hodnoty lze použít pouze pro porovnání utužení na různých místech v rámci jednoho pozemku. Penetrometrem je také vhodné měřit zejména na jaře, kdy je půdní vlhkost relativně stabilní a nevyskytují se v ní v takové míře vrstvy s různou vlhkostí a s tím souvisejícím rozdílným penetračním odporem. Také měření penetrometrem není vhodné na kamenitých pozemcích. Nicméně při správném použití je vhodný pro zjišťování zhutnělých vrstev v půdním profilu. Měřením je možné rychle dosáhnout velkého počtu hodnot potřebných pro posouzení utužení. Na základě těchto měření můžeme určit další zpracování půdy, například hloubkové kypření na souvratích. (Hůla a kol., 1997)

2.2 Zpracování půdy

Úkolem zpracování půdy je půdu připravit pro založení porostů, pro růst, vývoj a tvorbu výnosů pěstovaných plodin i pro správný průběh půdních procesů. Při volbě zpracování půdy je nutné brát v potaz správné hospodaření s půdní vodou, biologické a chemické poměry v půdě. (Hůla a kol., 2004)

Mechanické zpracování je zásah velmi energeticky náročný, proto jsou technologie zpracování půdy velmi diskutovaným tématem a vede ke snaze o snižování spotřeby nafty a snižování pracnosti zpracování. (Skalický, 2004)

Systémy a postupy zpracování půdy jsou stále zkoumány a vyvíjeny za účelem zvýšení výnosu, omezení poškození půdní struktury, omezení vyplavování živin z půdy do podzemních i povrchových vod a snížení rizika vodní i větrné eroze půdy. (Skalický, 2004)

2.2.1 Systémy zpracování půdy

Zpracování půdy v Evropě bylo založeno na orbě. Avšak od 60. a 70. let 20. století se začalo rozvíjet zemědělství bez každoročního zpracování půdy s obracením ornice a zapravováním rostlinných zbytků. Tím vzniklo základní dělení systému zpracování půdy. (Kumhála a kol., 2007)

2.2.1.1 Konvenční zpracování půdy

Konvenční zpracování je charakteristické každoročním zpracováním půdy radličnými pluhy. Tímto zpracováním dochází k obracení půdy, zapravování rostlinných zbytků a ničení plevelů. Půda se při zpracování radličnými pluhy mísí, drobí, kypří a obrací. (Kumhála a kol., 2007)

Orba se technologicky zařazuje mezi základní zpracování půdy po sklizni a předseťovou přípravu, kvůli zapravení posklizňových zbytků, likvidaci plevelů a také kvůli odstranění utužení půdy po sklizni. Tímto zpracováním se dosahuje čistého povrchu bez organických zbytků. (Páltik a kol., 2003)

Konvenční zpracování půdy má však i mnohá úskalí. Mezi ně patří:

- poškozování fyzikálních vlastností podorničí (utužování podorničí),
- vyšší riziko eroze půdy po zaorání rostlinných zbytků,
- vysoká energetická náročnost orby a tím i spotřeba paliva v nevhodných podmínkách při zpracování,
- riziko, že bude půda po orbě příliš pórovitá a málo odolná proti utlačení (nutnost ji utužit nebo nechat přirozeně ulehnout).

I přes tato úskalí je orba nenahraditelná, například po okopaninách na urovnání povrchu, na zaorání strniště po pěstování kukuřice atd. (Páltik a kol., 2003)

Operace při konvenčním zpracováním půdy se provádějí buď zcela odděleně, nebo se spojují do kombinací. Při spojování pracovních postupů se nejčastěji kombinuje předseťová příprava se setím. V této kombinaci se často využívá poháněných strojů pro předseťovou přípravu. (Kumhála a kol., 2007)

2.2.1.2 Konzervační (ochranné) zpracování půdy

Konzervační, nebo také ochranné zpracování půdy je založeno na dvou základních myšlenkách:

- zaprvé je to snižování intenzity konvenčního zpracování půdy a snížení počtu zpracování půdy,
- zadruhé, posklizňové zbytky a biomasa z meziplodin se ponechají na povrchu nebo v malé hloubce pod povrchem půdy. (Sommer, Zach, 1990)

Toto zpracování se tedy vyznačuje nahrazením orby mělkým kypřením bez obracení. Při této technologii je tedy radličný pluh nahrazen kypřiči. Různé kypřiče se volí dle potřebného stupně zapravení rostlinných zbytků. Tato technologie by měla zajistit, pokud možno celoroční pokrytí povrchu pozemku biomasou. (Kumhála a kol., 2007)

Ochranné technologie zpracování by měly zajistit pokrytí povrchu půdy alespoň z 30 % rostlinnými zbytky po zpracování. To má dva základní důvody:

- Již zmíněné redukování obrábění půdy a prodloužení klidu půdy. Cílem je dosažení stabilnější struktury půdy než při konvenčním zpracování půdy.
- Ponecháním rostlinných zbytků předplodin a meziplodin na povrchu pozemku nebo blízko pod povrchem docílíme vyšší odolnosti proti erozi, menších ztrát vlhkosti půdy a menšího vyplavování živin (především dusíku). (Páltik a kol., 2003; Skalický, 2004)

V zemědělské praxi však přináší konzervační zpracování i příznivé ekonomické dopady. Těch je dosaženo díky vyšší výkonnosti strojů a nižším počtem pracovních operací. Ve výsledku je tedy potřeba i méně pracovníků. (Hůla a kol., 2004)

Konzervační zpracování půdy se dále dělí do následujících skupin.

- **Povrchové zpracování půdy s mulčem (mulch-tillage)** – Rostlinné zbytky jsou ponechány na povrchu půdy a následně rozprostřeny mulčovačem. Poté se půda mělce zpracuje např. talířovými podmítači.

- **Zpracování do hrůbku (ridge-tillage)** – Technologie především pro širokořádkové plodiny. Výsevek se provádí do hrůbků a rostlinné zbytky jsou na dnech hrůbků a kryjí 40-70 % povrchu půdy. (Šimon a kol., 1999)

Tabulka 2 -Vliv použité techniky na podíl rostlinných zbytků na povrchu půdy (Hůla, Mayer, 1999)

Stroj pro zpracování půdy	**Podíl rostlinných zbytků na povrchu půdy [%]**
Radličný pluh	0-7
Talířový podmítač	60
Dlátový kypřič	75
Radličkový kypřič	65

Výhody konzervačního zpracování půdy lze shrnout takto:

- menší eroze půdy (u vodní eroze o 50 až 90 %),
- nižší náklady na zpracování půdy s vyšší produktivitou práce,
- méně vyplavených živin do podzemních i povrchových vod. (Skalický, 2004).

Využívání ochranné technologie zpracování půdy má však i své negativní vlastnosti. Mezi ně patří:

- větší výskyt plevelů a změna jejich zastoupení,
- změny biologických a chemických vlastností půdy (například zvyšování kyselosti půdy v horní vrstvě),
- změny zastoupení organické hmoty v půdě (hromadění rostlinných zbytků v povrchové vrstvě půdy, pomalejší mineralizace rostlinných zbytků a s tím spojená změna přístupnosti některých živin). (Páltik a kol., 2003; Skalický, 2004)

2.2.1.3 Přímé setí

Technologie přímého setí spočívá v setí do nezpracované půdy přímo po sklizni. Tím odpadá jakékoliv mechanické zpracování půdy. Pro tuto technologii jsou potřeba speciální secí stroje, které jsou schopné sít do nezpracované půdy. Po setí je povrch rozrušen maximálně z 25 % a povrch půdy je pokryt z 80-90 % rostlinnými zbytky. Proto je tato technologie výhodná pro použití na svažitých i jiných pozemcích náchylných k erozi. (Kumhála a kol., 2007; Mašek a kol., 2015)

Přímé setí se využívá převážně v USA a Austrálii. Je velmi výhodné z hlediska úspory energie, kdy velmi razantně klesají náklady na palivo. Naproti tomu je nutné aplikovat více chemických prostředků. Vyskytují se také problémy s velkým výskytem plevelů, s velkým množstvím rostlinných zbytků na povrchu pozemku, s velkým utužením půdy a s vysokými nároky na hnojení a aplikaci herbicidů. (Páltik a kol., 2003)

2.2.1.4 Pásové zpracování půdy (strip-tillage)

Pásové zpracování půdy spočívá ve zpracování půdy pouze v řádcích, do kterých se vysévá plodina, přičemž zbytek povrchu pozemku zůstává nezpracován. Po zpracování půdy zůstávají přibližně tři čtvrtiny pozemku nezpracovány, čímž dochází ke kombinaci výhod plošného zpracování půdy a výhod přímého setí. (Brant, 2011)

Výhody technologie pásového zpravování jsou tyto:

- snižuje erozi půdy, jelikož většina půdy zůstává pokryta rostlinnými zbytky nebo porostem,
- zvyšuje infiltraci vody ve srovnání s plošným zpracováním půdy,
- uvolňuje méně uhlíku do ovzduší a udržuje více organické hmoty v půdě,
- pomáhá zachovat půdní vlhkost, protože povrch půdy je pokryt,
- podporuje klíčivost semen,
- je ekonomický, jelikož snižuje náklady na práci, na pohonné hmoty a mohou být vyloučeny některé operace,
- výnosy plodin jsou srovnatelné nebo vyšší v porovnání s ostatními systémy zpracování půdy. (Nowatzky a kol, 2011)

Pro pásové zpracování půdy se používají speciální stroje. Ty standardně využívají prstových kotoučů pro odstranění rostlinných zbytků a pro zpracování půdy využívají talířové nebo radličkové kypřiče. Při této technologii se půda zpracovává do hloubky 10 až 20 cm. Hnojení často probíhá při zpracování půdy s tím, že je zapravováno do potřebné hloubky. Pro zpracování půdy v jednom řádku je zapotřebí 10 až 15 kW výkonu traktoru. (Sundermeier a Reeder, 2016; Brant, 2011)

2.2.2 Hodnocení kvality zpracování půdy

2.2.2.1 Rostlinné zbytky na povrchu půdy

Pokrytí povrchu půdy rostlinnými zbytky neboli mulčem má kladný vliv prakticky na všechny vlastnosti půdy. Velmi významný vliv mají rostlinné zbytky jako ochrana půdy. Rostlinné zbytky na povrchu pozemku mají v ochraně půdy prakticky stejnou úlohu jako porost meziplodiny.

Mulč na povrchu pozemku ochraňuje půdní vyspělost, snižuje odpařování vody z půdy, kolísání půdní teploty, potlačuje růst plevelů a podporuje mikrobiální činnost v půdě. Významný přínos je také v ochraně proti odplavování ornice (vodní erozi) a odnosu ornice větrem (větrné erozi půdy). (Šimon a kol., 1999)

Ponechané rostlinné zbytky také výrazně zvyšují obsah humusu v půdě a při uplatňování technologie zapravování organických zbytků dochází k akumulaci humusu v půdě. Tím se dá předcházet mineralizaci půdy. (Mašek, 2017)

Pro správnou ochranu půdy musí mulč zaujímat alespoň 30 % povrchu půdy, více v kapitole 2.2.1.2 Konzervační (ochranné) zpracování půdy.

Existují dva základní zdroje mulče:

- mulč z posklizňových zbytků předplodiny,
- mulč z biomasy meziplodiny.

Mulč z posklizňových zbytků předplodiny je tvořen strništěm, úhrabky a plevami. Pro mulč jsou vhodnější například rostlinné zbytky luskovin než rostlinné zbytky obilnin (lepší poměr obsahu dusíku a uhlíku). Dále jsou vhodné například

posklizňové zbytky řepky pro její dobré rozmělnění a snadné rozprostření po sklizni. (Šimon a kol., 1999)

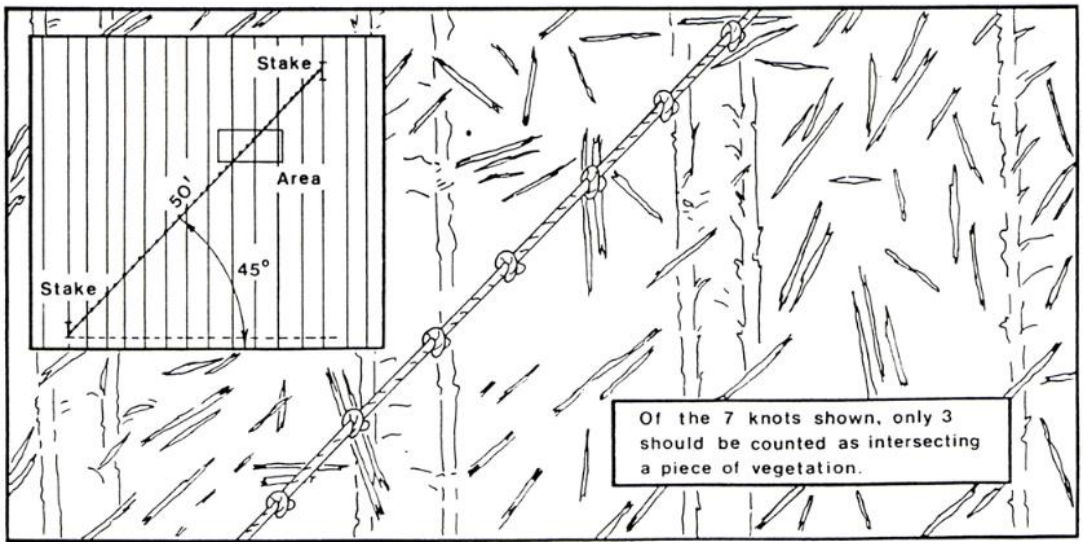
Rostlinné zbytky mají však i negativum v podobě snížení vzcházivosti semen. Tento stav nastává v případě, že se rostlinné zbytky nacházejí ve vrchních vrstvách půdy a po zasetí se nacházejí v oblasti seťového lůžka. Pro omezení tohoto jevu je vhodné zpracovat posklizňové zbytky tak, aby byly na povrchu půdy, a aby měly co nejmenší délku. (Šařec a Šařec, 2003)

2.2.2.1.a Měření množství rostlinných zbytků liniovou průsečnou metodou

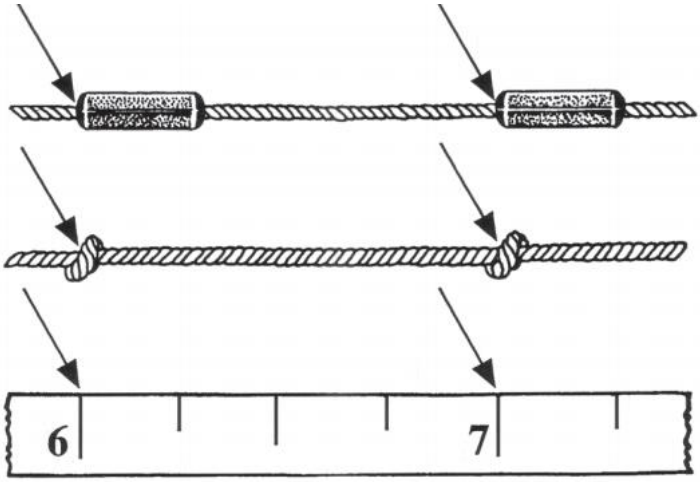
Tato metoda používá k měření provázek nebo drát, který má délku rozdělenou na 100 dílů. Možné je také použít měřící pásmo se stupnicí v palcích. Nejčastěji se používá k měření drát nebo provázek o délce 100 stop, se značkami po jedné stopě. Je však možné k měření použít i měřidlo o délce 50 stop se značkami po 6 palcích.

Takováto měřidla se pro měření napnou na povrchu pozemku pod úhlem 45 stupňů ke směru zpracování půdy dle obrázku 1. Následně si vybereme jednu stranu měřidla a pohledem kolmo k povrchu hodnotíme a zaznamenáváme si, jestli se v místě značky nachází pod měřidlem rostlinný zbytek či nikoliv. V případě že je značka například uzel, musíme zaznamenávat výsledky vždy na stejném místě, jak je vidět na obrázku 2. (Laflen a kol., 1981)

Obrázek 1 - Schéma měření (Ministry of Agriculture Britisch Columbia, 2000)



Obrázek 2 -Místa odečítání pokryvnosti (Shelton a Jasa, 2009)



Výslednou hodnotu pokryvnosti rostlinnými zbytky získáme součtem všech bodů, pod kterými se nacházejí rostlinné zbytky. Tento součet odpovídá procentu pokryvnosti rostlinnými zbytky. Např. při součtu těchto bodů rovnému 38, odpovídá hodnota pokryvnosti 38 procentům. Pro vyšší přesnost měření je nutné měření čtyřikrát, nebo pětkrát zopakovat a výsledky zprůměrovat. (Shelton a Jasa, 2009)

2.2.2.1.b Měření množství rostlinných zbytků liniovou průsečnou metodou pomocí pevného měřidla

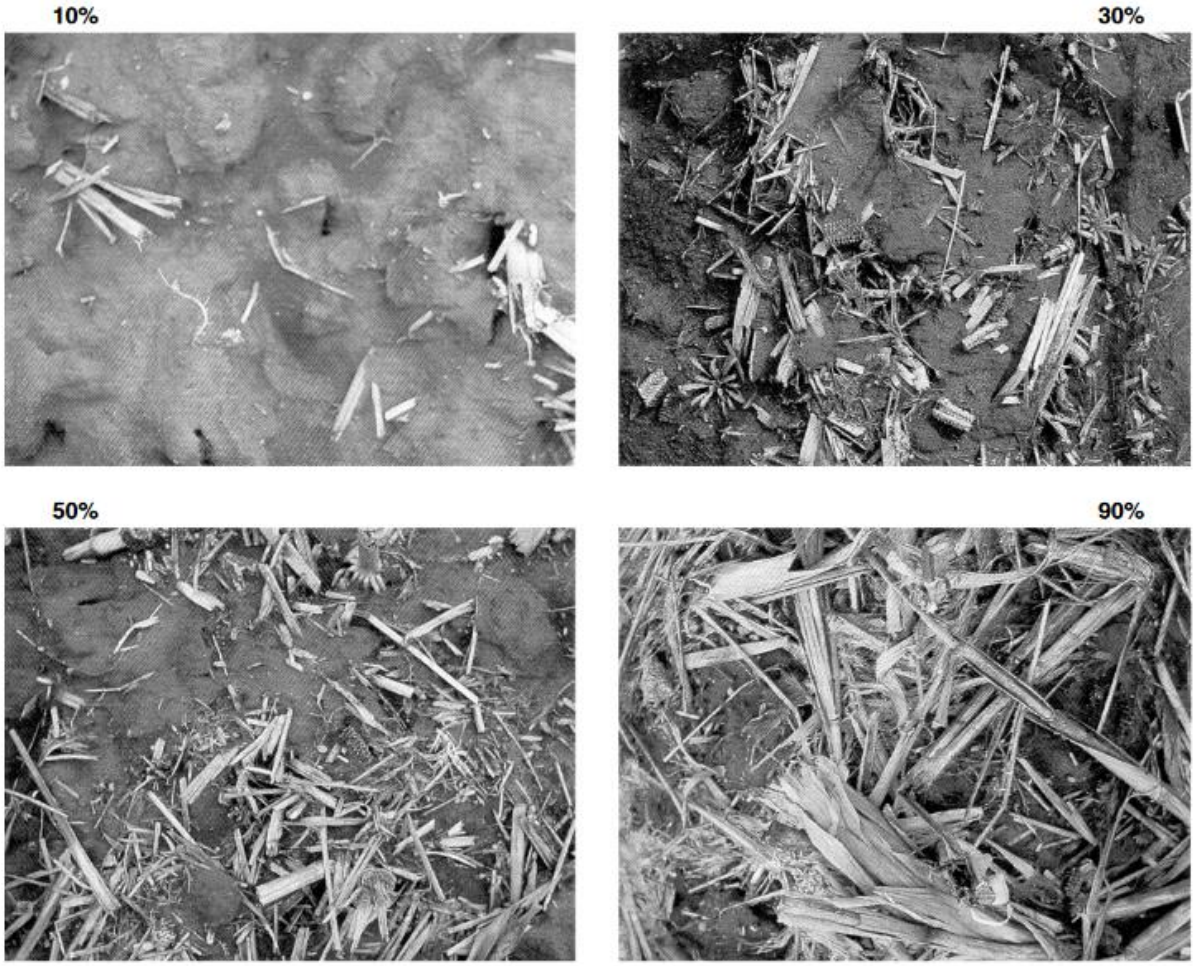
Tato metoda je z velké části shodná s liniovou průsečnou metodou dle Laflena a kol., popsané v kapitole 2.2.2.1.a. V této metodě se k měření však používá pravítko, jeden metr dlouhé a se stupnicí v centimetrech. Postup měření je takový, že se pravítko vyhodí do vzduchu a dopadne na náhodné místo na zem. V místě, kde dopadne, odečítáme a zaznamenáváme po jednom centimetru, jestli je pod značkou rostlinný zbytek či nikoliv. Výsledné hodnoty zpracujeme obdobně jako u liniové průsečné metody popsané v kapitole 2.2.2.1.a. Pro vyšší přesnost měření je nutné opět měření několikrát opakovat a výsledky zprůměrovat. (Al-Kaisi a kol., 2002)

2.2.2.1.c Určení množství rostlinných zbytků porovnávacím způsobem

Touto metodou jsme schopni snadno a rychle určit přibližné množství organických zbytků na povrchu půdy. K uplatnění této metody je nutné mít fotografie zobrazené na obrázku 3, u kterých známe pokryvnost povrchu rostlinnými zbytky pro

danou plodinu (tyto hodnoty musíme zjistit jinou metodou). Samotné určení pokryvnosti spočívá v porovnání fotografií povrchu půdy s povrchem, který vidíme při pohledu kolmo na povrch. Sledovat povrch je nutné kolno na povrch, protože jinak dochází ke zkreslení a zdánlivému zvyšování pokryvnosti Toto porovnání je potřeba zopakovat alespoň čtyřikrát a výsledky zprůměrovat. Tímto porovnáním jsme schopni odhadnout procento pokrytí povrchu půdy rostlinnými zbytky. (Eck a Brown. 2004)

Obrázek 3 - Fotografie se známou pokryvností sloužící k porovnání pokryvnosti rostlinnými zbytky kukuřice (Eck a Brown. 2004)



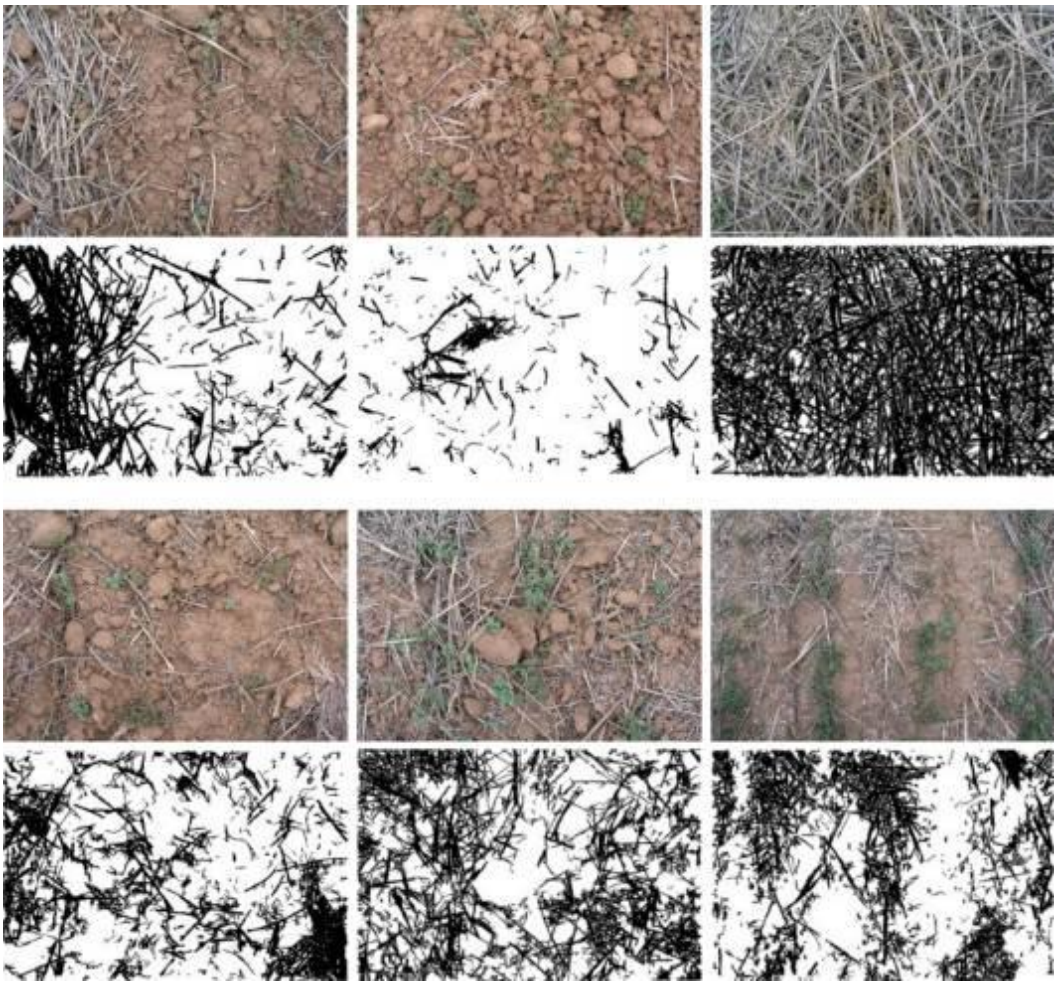
2.2.2.1.d Měření množství rostlinných zbytků pomocí techniky zpracování obrazu

Podstatou metody zpracování obrazu je vytvoření fotografie povrchu pozemku po zpracování půdy a její následné zpracováni, které určí pokryvnost v procentech. Vytváření fotografií má svá pravidla. Je podstatné nastavit fotoaparát kolmo

k povrchu půdy, abychom zabránili zkreslení výsledků. Objekt fotografovaní musí být také vhodně nasvícený, aby nedocházelo ke zkreslení výsledků kvůli tvorbě stínů na povrchu půdy. Vhodné je také označit si velkost snímané plochy. K tomu se využívají čtvercové rámy o hraně 1 nebo 0,5 m.

Vytvořené fotografie se přenesou do počítače a pomocí počítačových programů se převedou do černobílého obrázku, kde jsou jednou barvou zachyceny rostlinné zbytky a druhou barvou půda, jak je vidět na obrázku 4. Následně se vyhodnotí zastoupení barev obrázku v procentech. Tato procenta odpovídají procentům plochy pokrytých rostlinnými zbytky a nepokryté ploše. (Ribeiro a kol., 2011; Asadi a kol., 2011)

Obrázek 4 - Příklady vyhodnocení pokryvnosti (Ribeiro a kol., 2011)



Z takto zpracovaných fotografií lze získat i hrubý odhad hmotnosti rostlinných zbytků, musí pro to být však známý vztah mezi objemem a hmotností rostlinných zbytků. Dobrých výsledků bylo dosaženo například při odhadu rostlinných zbytků po

kukuřici a po řepce, kde byly zbytky dobře rozptýleny. Naopak neuspokojivý byl odhad hmotnosti rostlinných zbytků po pšenici kvůli špatnému rozptýlení a místnímu hromadění slámy. (Ribeiro a kol., 2011)

2.2.2.1.e Určení množství rostlinných zbytků výpočetní metodou

Pro výpočet pokryvnosti rostlinnými zbytky touto metodou nepotřebujeme žádné polní měření, ale je nutné znát způsoby zpracování půdy. Zde se vychází z výpočtu pokryvnosti pomocí koeficientů určených pro různé zpracování půdy pro různé plodiny. Touto metodou získáme spíše hrubý odhad než přesné hodnoty, protože je ovlivněna mnoha faktory, např. proměnlivými povětrnostními podmínkami, meziroční proměnlivostí výnosů, různými stroji pro zpracování půdy atd. (Eck a Brown. 2004)

Tabulka 3 - Koeficienty zapravení rostlinných zbytků pro různé druhy zpracování půdy pro kukuřici a sóju (Al-Kaisi a kol., 2002)

	Pokryvnost rostlinných zbytků po operaci	
	Původ rostlinných zbytků	
Typ operace	**Kukuřice**	**Sója**
Po sklizni	0,9-0,95	0,8-0,9
Zimní rozklad	0,8-0,9	0,7-0,8
Orba	0,02-0,07	0,00-0,02
Radličkový kypřič	0,4-0,5	0,1-0,2
Talířový kypřič (velký průměr talířů)	0,25-0,4	0,1-0,2
Hloubkový kypřič	0,65-0,75	0,35-0,45
Dlátový kypřič	0,5-0,6	0,3-0,4
Talířový kypřič (malý průměr talírů)	0,4-0,7	0,25-0,35
Kombinovaný kypřič	0,8-0,9	0,55-0,65
Secí stroj	0,8-0,9	0,8-0,9

Tabulka 4 - Příklad výpočtu pokryvnosti rostlinných zbytků (Al-Kaisi a kol., 2002)

Typ operace	Výpočet	Pokryvnost [%]
Po sklizni	0,95*100	95
Zimní rozklad	0,9*95	86
Kypření (dlátový kypřič)	0,55*86	47
Kypření (talířový kypřič)	0,55*47	26
Setí (dvoutalířová secí botka)	0,9*26	23
Vypočtená pokryvnost v tomto příkladu je tedy **23 %**.		

2.2.2.2 Drsnost povrchu půdy

Posouzení drsnosti povrchu je klíčové při ochraně půdy a při posuzování kvality zpracování půdy. Kvalita drsnosti povrchu půdy je ovlivněna především podmínkami půdy. Mezi tyto ovlivňující faktory patří především vlhkost půdy, typ půdy, systém zpracování půdy, parametry nástrojů pro zpracování půdy, rychlost při zpracování půdy, hloubka zpracování a podobně.

Zpracování půdy je velmi nákladná operace, to je také důvod, proč jsou stroje na zpracování půdy často navrženy tak, aby minimalizovaly síly a požadavky na výkon, a ne pro optimální výsledky obrábění půdy. (Bögel a kol., 2015)

V současné době existuje mnoho metod pro měření hrudovitosti. Základními metodami jsou: řetízková metoda, mechanický profilograf a pozemní laserové skenování (terrestrial laser scanning – TLS). Existují však i další metody, jako jsou například stereofotogrammetrie nebo nová metoda využívající herní zařízeni Kinect sensor nebo Asus Xtion Pro. (Thomsen a kol., 2015)

2.2.2.2.a Měření drsnosti povrchu půdy řetězovou metodou

Pří této metodě používáme válečkový řetěz, který je standardně 70 centimetrů dlouhý, můžeme však použít i řetězů jiných délek. Měření spočívá v položení válečkového řetězu na povrch půdy tak, aby řetěz kopíroval co nejlépe povrch půdy i ve všech prohlubních, jak je vidět na obrázku 5. Následně se změří zkrácená délka řetězu. Výslednou hodnotu drsnosti povrchu získáme ze vzorce:

$$T = \left(A * \frac{L-L_0}{L_0} * \frac{L-L_0}{L_0} + B * \frac{L-L_0}{L_0} + C\right) * 10 \quad [mm]$$

T – drsnost půdy

L – celková délka

L_0 – zkrácená délka řetězu

Parametry:

- A = -29,37
- B = 37,59
- C = 0,75 (Klik a kol., 2002)

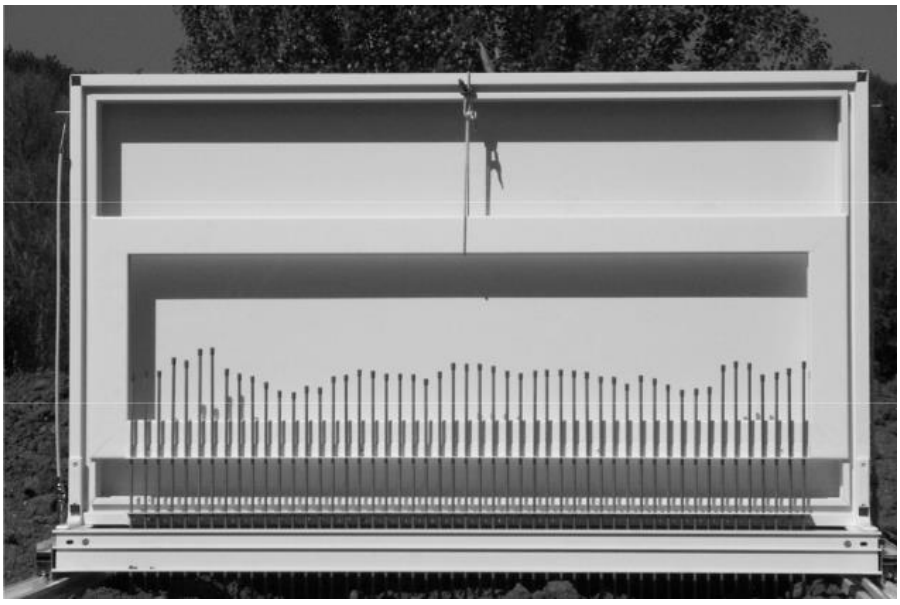
Obrázek 5 - Řetězová metoda (Jester a kol., 2005)

2.2.2.2.b Měření drsnosti povrchu půdy mechanickým profilografem

Mechanický (tyčový) profilograf se používá k měření drsnosti povrchu v jedné linii. Skládá se z rámu, ve kterém jsou posuvně uloženy pruty stejné délky. Pruty jsou uloženy po 20 mm nebo 25 mm. Za měřícími pruty se nachází deska se stupnicí pro snadnější odečítání naměřené hodnoty. Celý tento profilograf je uložen na teleskopických podpěrách, jak je vidět na obrázku 7. Měřící posuvné pruty jsou na koncích opatřeny zvětšenou plochou, aby se nezarývaly do půdy a zůstávaly na jejím povrchu. (Thomsen a kol., 2015; Výroční zpráva VÚZT, 2012)

Samotné měření spočívá v nastavení rámu profilografu do vodorovné polohy pomocí teleskopických podpěr a následnému uvolnění tyčí profilografu tak, aby se dotýkaly povrchu půdy. Tento stav následně zachytíme fotoaparátem. Z fotografií odečteme polohu jednotlivých měřících tyčí profilografu a přeneseme ji do programu Microsoft Excel a následně hodnoty přeneseme do grafu. Výsledkem je graf s profilem povrchu půdy, kde jsou jednotlivé body grafu od sebe vzdálené 20 nebo 25 mm. (Thomsen a kol., 2015)

Obrázek 6 -Tyčový profilograf (Garcia Moreno a kol, 2010)



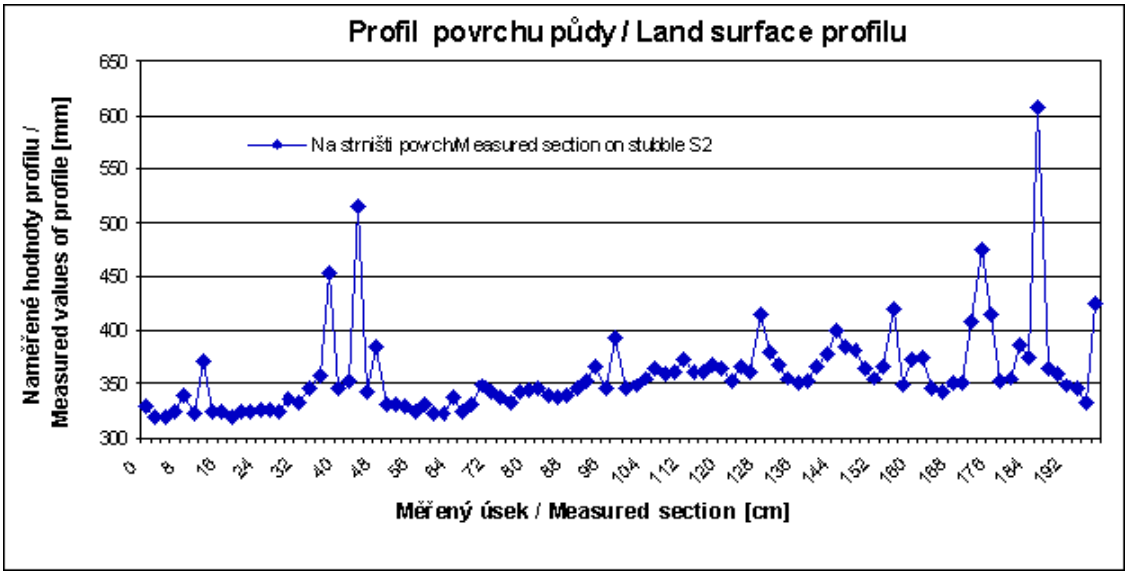
Obrázek 7 - Tyčový profilograf konstrukce VUZT (Gutu, 2015)

2.2.2.2.c Měření drsnosti povrchu půdy laserovým skenováním

Pozemní laserové skenování se provádí laserovým profilografem. Laserový profilograf je používán pro automatizované měření profilu povrchu půdy. Měření se provádí bezkontaktně pomocí optické triangulace. Zařízení se skládá z rámu s kolejnicí a z vozíku s optickým zařízením. Rám s kolejnicí je uložený vodorovně. Vozík s optickým zařízením se při spuštění měření automaticky pohybuje po kolejnici a optické zařízení zaznamenává profil povrchu půdy. Naměřené hodnoty jsou následně přeneseny do počítače a převedeny do grafu zobrazeném na obrázku 8. (Jester a kol., 2005; Mayer a kol., 2004)

Obrázek 8 - Laserový profilograf (Mayer a kol., 2004)

Obrázek 9 - Příklad výstupních hodnot (Mayer a kol., 2004)



2.2.2.2.d Stanovení hrudovitosti podle hmotnosti hrud

Touto metodou zjišťujeme hmotnostní zastoupení jednotlivých velikostí hrud na pozemku. Měření se provádí na ploše o velikosti 0,5x0,5 m (tedy 0,25m^2). hloubka měření je pouze do hloubky zpracování půdy. Měření se provádí prosíváním půdy přes soustavu sít, jak je vidět na obrázku 10.

Síta mají rozměry ok 100, 50, 30 a 10 mm. Na jednotlivých sítech se tedy zachytí frakce hrud větších než 100 mm, 50-100 mm 30-50 mm, 10-30 mm a menší než 10 mm. Tyto frakce následně zvážíme, výsledkem je hmotnost hrud v jednotlivých frakcích. (Vávra, 2007)

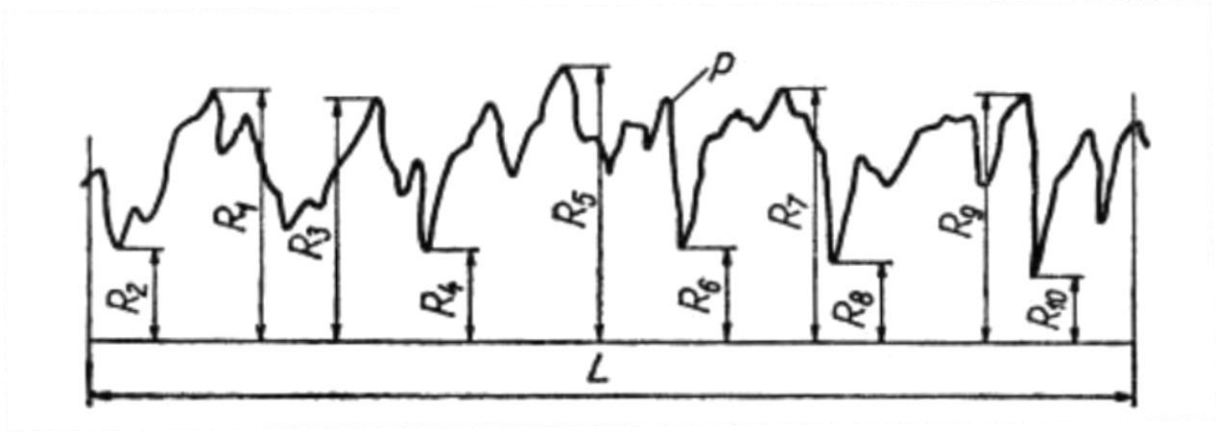
Obrázek 10 - Soustava sít (Vávra, 2007)

2.2.2.2.e Měření drsnosti povrchu půdy výpočtem z výstupků a prohlubní

Principem této výpočetní metody je vyznačení linie na povrchu půdy dlouhé jeden metr. Na této linii nalezneme 5 největších prohlubní a 5 nejvyšších výstupků, jak je vidět na obrázku 11. Tyto hodnoty následně dosadíme do vzorce:

$$R_{zg} = \frac{(R_1+R_3+R_5+R_7+R_9)-(R_2+R_4+R_6+R_8+R_{10})}{5}.$$

Obrázek 11 - Schéma měření prohlubní a vrcholů (Kovaříček a kol., 2005)



R_1, R_3, R_5, R_7, R_9 představují výšku pěti nejvyšších vrcholů v mm a R_2, R_4, R_6, R_8, R_{10} představují výšku pěti největších prohlubní povrchu půdy v mm. Výslednou hodnotou ze vzorce je R_{zg}, která představuje drsnost povrchu v mm. (Boiffin, 1984)

2.2.2.2.f Měření drsnosti povrchu půdy analýzou stínů

Analýza stínů na povrchu je založena na fotografování povrchu půdy za přesně daných podmínek a následné počítačové analýze fotografií. Při experimentu je nutné, aby sluneční paprsky dopadaly na povrch půdy pod úhlem 45º. Tomu se tedy musí přizpůsobit denní doba fotografování pozemku (v případě laboratorního měření je tomu přizpůsoben zdroj světla). Následně je povrch půdy vyfotografován (nejlépe kolmo na povrch, aby se zabránilo zkreslení výsledků). (Garcia Moreno a kol, 2010)

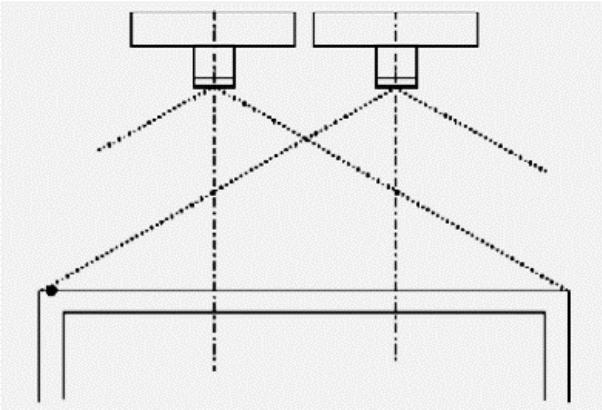
Takto vytvořené snímky se přenesou do počítače. V počítači jsou pomocí programů na úpravu fotografií (např. Corel Draw Photo Paint) upraveny na černobílé tak, aby všechny zastíněné plochy byly v obrázku černou barvou a všechny osvětlené plochy, aby byly bílé, jak je tomu na obrázku 12. Z programu také získáme procentuální zastoupení černé bravy v obrázku. Toto procento je výsledným indexem pro posouzení drsnosti povrchu půdy. (Garcia Moreno a kol, 2010)

Obrázek 12 - Analýza stínů (Garcia Moreno a kol, 2010)

2.2.2.2.g Měření drsnosti povrchu půdy stereofotogrammetrií

Podstatou je vytvoření dvojice snímků měřeného prostoru z dvou různých a známých pozic fotoaparátu, jak je vidět na obrázku 13. Stereofotogrammetrické snímky umožňují prostorové pozorování zachyceného prostoru a na základě analýzy těchto snímků je možné vypočítat prostorové souřadnice zobrazených bodů. Analýza se provádí na počítačích a výsledkem je prostorový model zkoumaného prostoru. (Böhm, 2002)

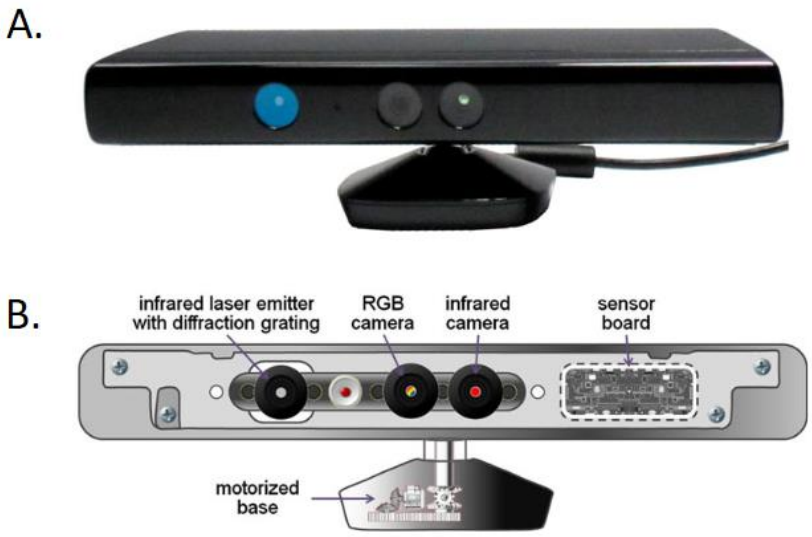
Obrázek 13 - Stereofotogrammetrická metoda (Jester a kol., 2005)



2.2.2.2.h Měření drsnosti povrchu s využitím zařízeni Kinect

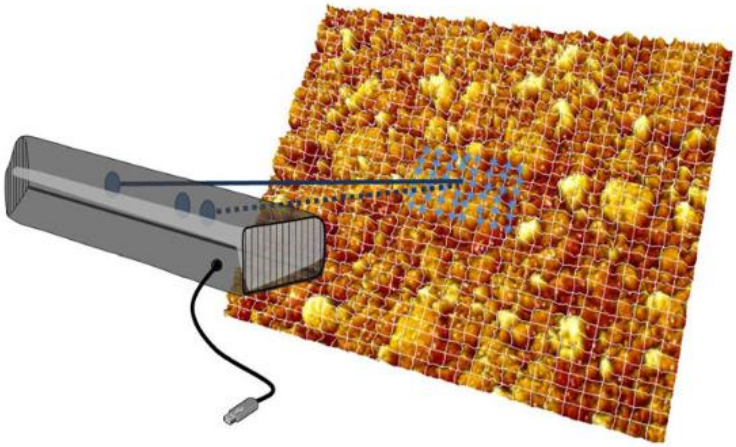
Microsoft Kinect je herní zařízení pro snímání pohybů hráče při ovládání videoher bez nutnosti použití ovladače. Toto zařízení využívá hloubkového snímání, k tomu slouží infračervený laserový vysílač (emitor) a infračervená kamera zobrazená na obrázku 14. Ty jsou ještě doplněny RGB kamerou. Laser promítá mřížku na snímaný prostor a infrakamera snímá odezvu dle obrázku 15. Procesem triangulace se následně odhaduje vzdálenost předmětů. *(*Rafibakhsh a kol., 2012)

Obrázek 14 - Zařízení Kinect (Marinello a kol., 2015)



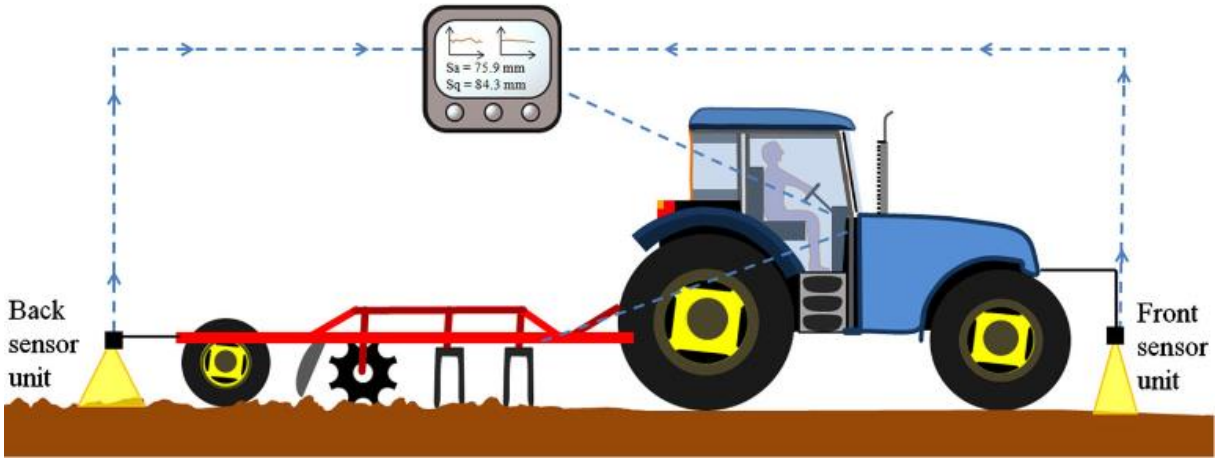
A.- zařízení Kinect, B. – schéma zařízení Kinect

Obrázek 15 - Princip určování vzdálenosti (Marinello a kol., 2015)



Zařízení je připojeno k počítači a přenášená data jsou zpracovávána počítačovým programem (OpenKinect, OpenNI, Microsoft SDK). Zpracování dat je prováděno v reálném čase. Toto je pro použití k měření drsnosti povrchu velkou výhodou, protože je zde možnost jak statického, tak dynamického měření. Díky tomu je možné toto měření využít i při práci stroje s využitím následné zpětné vazby pro ovládání nářadí na zpracování půdy, jak je vidět na obrázku 16. (Marinello a kol., 2015)

Obrázek 16 - Využití 3D senzoru při práci stroje (Marinello a kol., 2015)



2.2.2.3 Infiltrace vody do půdy

Zapracování půdy má velmi významný vliv na rychlost infiltrace vody do půdy a povrchový odtok vody. Při nesprávném poměru těchto dvou veličin, může při silnějších dešťových srážkách způsobovat vodní erozi půdy. Ta nastává zvláště v případě, když se jen málo vody infiltruje do půdy a velká část vody odtéká po povrchu půdy. Nebezpečí vodní eroze hrozí zejména u konvenčních technologií zpracování půdy při pěstování širokořádkových plodin, jako je kukuřice, slunečnice, cukrovka, nebo brambory. Následky vodní eroze potom představují ohrožení úrodnosti půd (splavování ornice) a představují další ekologická rizika jako znečištění vodních zdrojů a zanášení vodních nádrží.

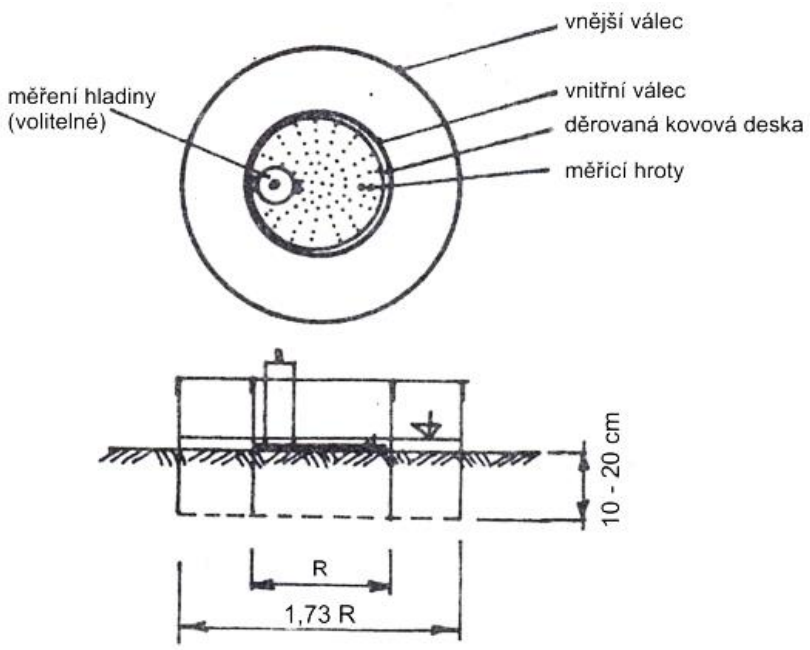
Abychom zamezili těmto negativním dopadům vodní eroze, je nutné zlepšit schopnost půdy infiltrovat vodu a snížit tím množství vody, která bude odtékat po povrchu půdy. Pro ovlivnění infiltrace vody se využívá změna technologie zpracování půdy a změna pěstovaných plodin. Významný vliv na infiltraci vody do půdy mají také rostlinné zbytky na povrchu pozemku, které výrazně zvyšují, jak schopnost půdy infiltrovat vodu, tak i lepší hospodaření s půdní vlhkostí. Tím tedy dosáhneme i lepšího prostředí pro růst rostlin. (Hůla a kol., 2010)

2.2.2.3.a Měření infiltrace vody dvouválcovým infiltrometrem

Měření infiltrace vody dvouválcovým infiltrometrem je založeno na měření rychlosti infiltrace známého množství vody do půdy. (Parr and Bertrand, 1960)

Měřící souprava se skládá z dvou soustředných válců a desky vložené do prostředního válce, jak je vidět na obrázku 17. Deska je děrovaná, aby propouštěla vodu a je opatřena dvěma hroty s rozdílnou výškou, které jsou určeny pro měření objemu. (Baťková a kol., 2013)

Obrázek 17 - Schéma soupravy dvouválcového infiltrometru (Baťková a kol., 2013)



Postup měření začíná zaražením válců do půdy, 10 až 20 cm hluboko. Do středního válce se vloží deska. Následně se do vnějšího válce nalije voda (ta má za úkol pouze usměrnění toku vody ze středního, měřícího válce). Samotné měření začíná naplněním vnitřního válce vodou nad vyšší hrot desky. Při dosažení hladiny k vyššímu hrotu desky zapneme stopky. Čas měříme, dokud hladina neklesne k nižšímu hrotu desky. Výsledkem měření je čas potřebný k infiltraci určitého množství vody, daného rozdílem hladiny vody a průměrem vnitřního válce. Dále je možné pomocí Philipových rovnic získat také hodnoty kumulativní infiltrace, rychlost infiltrace a hodnoty nasycené hydraulické vodivosti. (Baťková a kol., 2013)

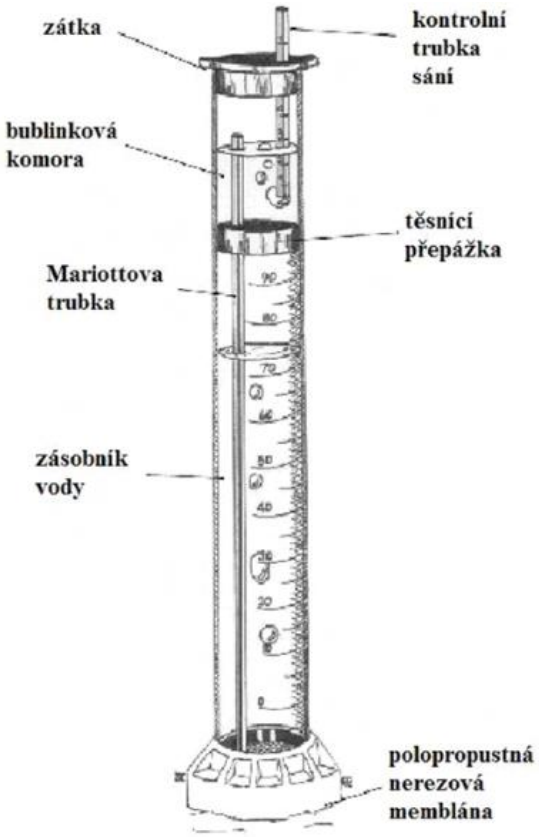
2.2.2.3.b Měření infiltrace vody Mini Disc infiltrometrem

Metoda měření Mini Disc Infiltrometrem má velkou výhodu v jednoduchosti přípravy měření a v malé spotřebě vody.

Infiltrometr je zobrazen na obrázku 18. Skládá se z polykarbonátové trubice o průměru 31 mm a je vysoký 327 mm. Trubice je rozdělena přepážkou na dvě komory. Na takzvanou bublinkovou komoru a na odměrnou komoru, která má ve

spodní části polopropustnou nerezovou membránu. Pro nastavení druhu půdy se nastavuje různá sací výška pomocí kontrolní trubice v sací komoře.

Obrázek 18 - Schéma Mini Disc infiltrometr (Šindelář a kol., 2008)



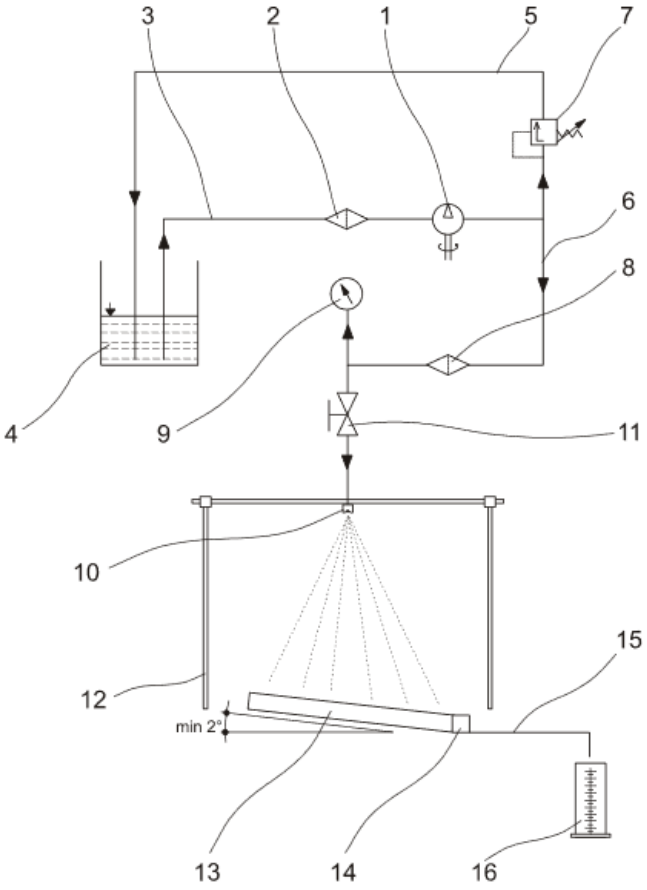
Postup měření začíná připravením povrchu půdy na měření tak, aby v daném místě byl rovný povrch a nebyly na něm žádné trhliny ani rostlinné zbytky. Membrána na dně infiltrometru musí přiléhat k povrchu půdy celým povrchem. Dále naplníme obě komory vodou. Bublinková komora se plní až k Mariottově trubici. Odměrná komora se naplní po okraj. Kontrolní trubka sání se po naplnění zastrčí dolů, až dosedne na přepážku v trubici. Infiltrometr přiložíme na měřenou plochu. Samotné měření začíná nastavením kontrolní trubky sání do polohy pro daný typ půdy a zapnutím stopek. V průběhu měření každých 60 sekund odečítáme na stupnici odměrné komory množství vody. Z výsledných hodnot se vytvoří graf vyjadřující kumulativní infiltraci vody. Následně je možné dle vzorců dopočítat hydraulickou vodivost půdy. (Šindelář a kol., 2008)

2.2.2.3.c Měření infiltrace vody simulátorem deště

Tato metoda je založena na využití zařízení, které simuluje dešťové srážky. Toto zařízení díky volbě různých trysek, proměnného tlaku vody a výšce trysky nad zemí může simulovat různé intenzity dešťových srážek. Výsledkem této metody je změření množství vody, která odteče po povrchu půdy. (Šindelář a kol., 2007)

Měření je prováděno na ploše o rozměrech 0,5 m^2. Tryska je umístěna ve výšce 1 až 1,5 m. Měření se provádí na mírně svažitém pozemku (2-7º). Konstrukce simulátoru deště je zobrazena na obrázku 19. (Kovaříček a kol., 2006)

Obrázek 19 - Schéma simulátoru dešte (Šindelář a kol., 2007)



1.- čerpadlo, 2.- hrubý čistič, 3.- sací potrubí, 4.- zásobník vody, 5.- zpětné potrubí, 6.- výtlačné potrubí, 7.- škrtící a regulační ventil tlaku, 8.- jemný čistič, 9.- tlakoměr, 10.- postřiková tryska, 11.- uzavírací ventil výtlačného potrubí, 12.- stojan s držákem trysky, 13.- plechové mantinely sběrače, 14.- sběrač odtoku vody, 15.- potrubí odtoku vody, 16.- odměrný válec

Samotné měření začíná zadeštěním měřené plochy určitým množstvím vody. Množství vody, která odtekla po povrchu půdy je v pravidelných intervalech měřeno a zaznamenáváno z odměrného válce. Výsledkem měření je hmotnost vody v odměrném válci. Tato voda se ještě přefiltruje přes filtrační papír a po jeho vysušení se zváží hmotnost splavené půdy. Množství vody, která infiltrovala do půdy se vypočítá jako rozdíl celkového množství vody přivedené na povrch měřené plochy a množství vody, která odtekla po povrchu půdy do odměrného válce. (Šindelář a kol., 2007)

3 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je vyhodnocení ukazatelů kvality práce při zpracování půdy kombinovaným kypřičem Ostroj Saturn. Kvalita zpracování půdy je posuzována před i po přejezdu pozemku kypřičem. Určujícími parametry pro posouzení kvality práce je vyhodnocení pokryvnosti povrchu posklizňovými zbytky, Profil dna zpracované půdy, profil povrchu zpracované půdy, drsnost povrchu půdy a její hrudovitost.

4 Metodika

4.1 Charakteristika pozemku

Měření bylo provedeno 21. října 2017 v lokalitě Nesperská Lhota u Vlašimi. Souřadnice pozemku jsou 49°41'30.2"N 14°48'37.8"E. Půda je hlinitopísčitá, kambizemního typu, mělká a mírně kamenitá. Celý pozemek se nachází v mírném svahu, průměrný sklon je 4,2º, nadmořská výška se pohybuje mezi 450 a 475 metry nad mořem.

4.2 Charakteristika použitých strojů

K zpracování půdy byl použit kombinovaný kypřič Ostroj Saturn zobrazený na obrázku 21, s pracovním záběrem 6 metrů a nastavenou hloubkou zpracování 0,06 m slouží k přípravě seťového lože. Kypřič je návěsný a skládá se z urovnávací, kypřící a pěchovací části. Přední části tvoří řada čtyř drobících válců širokých 1,5 m, čtyři smykové lišty široké 1,5 m, které mají za úkol promísení a urovnání povrchu půdy. Následují dvě řady šípových radliček širokých 250 mm, ty podřezávají půdu a tvoří seťové lůžko. Za nimi následuje další sada čtyř drobicích válců a sada smykových lišt, které drobí, mísí a urovnávají půdu. Pěchovací část je tvořena čtyřmi crosskillskými válci, které drobí zbylé hroudy a utužují půdu v hloubce seťového lůžka. Stroj má také na závěsné části kypřiče stop traktoru.

Kombinovaný kypřič byl tažen traktorem Zetor Forterra 130 HSX 16V (Zetor 1517), jak je vidět na obrázku 20. Jmenovitý výkon je 93,2 kW a maximální točivý moment 557,6 Nm.

Zpracování půdy bylo prováděno po vrstevnici. Rychlost zpracování půdy byla 10 km/h. a hloubka zpracování 0,06 m.

Obrázek 20 - Zetor Forterra 130 HSX 16V (Vlastní zdroj, 2017)

Obrázek 21 - Kombinovaný kypřič Ostroj Saturn (Vlastní zdroj, 2017)

4.3 Výchozí stav pozemku

Na pozemku byla v roce měření pěstována pšenice ozimá. Sláma byla po sklizni lisována a sklizena. Následovala střední orba do hloubky 0,22 m pluhem značky ROSS. Po orbě byl povrch pozemku zpracován smykem a bránami.

4.4 Metody použité při experimentu

Pro samotné měření bylo vybráno několik základních metod pro zhodnocení stavu pozemku před a po zpracování půdy.

4.4.1 Měření drsnosti povrchu půdy řetězovou metodou

Tato metoda je podrobněji popsána v kapitole 2.2.2.2.a Měření drsnosti povrchu půdy řetězovou metodou. Poprvé ji popsal A. Klik v roce 2002. Při našem měření byl použit válečkový řetěz o celkové délce 1,18 m. L je tedy rovna 1,18 m. Měření je zobrazeno na obrázku 22.

Metoda byla použita pro měření drsnosti povrchu půdy na nezpracované části pozemku, na zpracované části pozemku kombinovaným kypřičem ve směru jízdy soupravy a na zpracované části pozemku kombinovaným kypřičem kolmo na směr jízdy soupravy. Pro tyto stavy byla následně změřena zkrácená délka řetězu a měření se třikrát opakovalo pro dané podmínky. Výsledná hodnota drsnosti povrchu byla vypočtena ze vzorce:

$$T = \frac{L-L_0}{L_0}\, T = \left(A * \frac{L-L_0}{L_0} * \frac{L-L_0}{L_0} + B * \frac{L-L_0}{L_0} + C\right) * 10 \qquad [mm]$$

T – drsnost půdy

L – celková délka

L_0 – zkrácená délka řetězu

Parametry:

- A = -29,37
- B = 37,59
- C = 0,75 (Klik a kol.,2002)

Obrázek 22 - Měření drsnosti povrchu půdy řetězovou metodou (Vlastní zdroj, 2017)

4.4.2 Měření drsnosti povrchu půdy výpočtem z výstupků a prohlubní

Principem této výpočetní metody je vyznačení linie na povrchu půdy dlouhé jeden metr. Na této linii nalezneme 5 největších prohlubní a 5 nejvyšších výstupků, jak je vidět na obrázku 11. K tomuto měřeni byly použity fotografie z profilografu se známými rozměry. Pomocí programu IrfanView 4.13.67 a doplňku IrfanPaint byla odměřena délka jednoho metru na povrchu půdy, vytvořena přímka nad rovnoběžná s povrchem a změřena výška výstupků a prohlubní. Tyto hodnoty byly následně dosazeny do vzorce:

$$R_{zg} = \frac{(R_1+R_3+R_5+R_7+R_9)-(R_2+R_4+R_6+R_8+R_{10})}{5} \quad .$$

Výsledné hodnoty jsou naměřeny a vypočteny pro pět variant s různými stavy povrchu půdy. První varianta měření hrudovitosti v sekcích a na rovině. Druhá varianta zobrazuje hrudovitost na zpracované půdě na rovině přes hranu sekce. Třetí varianta je měření ve svahu přes hranu sekce. Čtvrtá varianta zobrazuje drsnost povrchu půdního dna a pátá varianta je drsnost před spravováním. Pro každou variantu měření byly vypracovány tři měření.

4.4.3 Stanovení hrudovitosti podle hmotnosti hrud

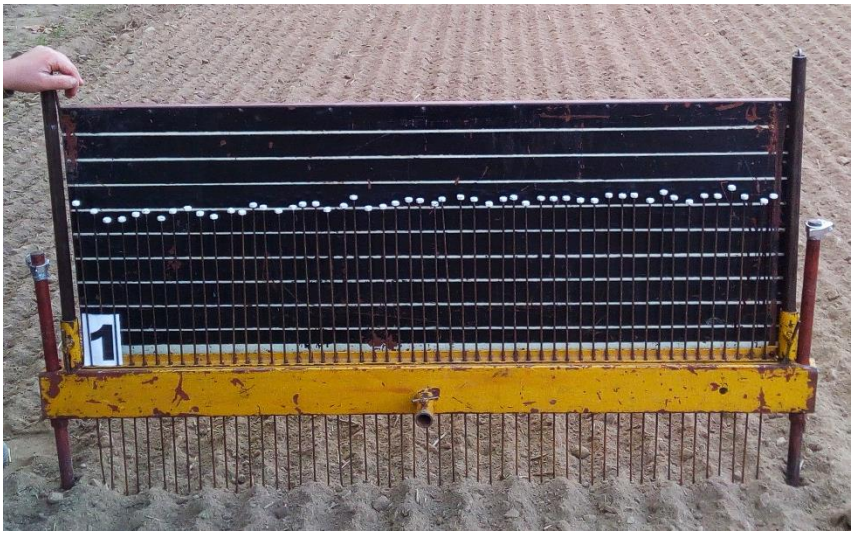
Stanovení hmotnosti hrud různých velikostních frakcí bylo prováděno vždy na ploše 0,25 m^2 (0,5x0,5 m). Půda byla odkryta do hloubky zpracování půdy. Následně byla proseta přes soustavu sít s čtvercovými oky o hraně 100, 50, 30 a 10 mm zobrazených na obrázku 23. Tím byla hornina rozdělena na pět frakcí, které byly následně zváženy mechanickou závěsnou váhou. Provedeno bylo pět měření pro zpracovanou i pro nezpracovanou půdu. Výsledky byly stanoveny vypočítáním aritmetického průměru hmotností frakcí, ze kterých bylo stanoveno relativní hmotnostní zastoupení frakcí.

Obrázek 23 - Soustava sít pro měření hmotnosti frakcí hrud (Vlastní zdroj, 2017)

4.4.4 Měření drsnosti povrchu půdy mechanickým profilografem

K tomuto měření byl využit mechanický tyčový profilograf konstrukce Výzkumného ústavu zemědělské techniky. Tento profilograf zachycuje profil povrchu půdy o šířce 1300 mm. Měřicí tyče profilografu jsou v rámu usazeny po 25 mm a celkem se jich nachází na profilografu 53. Použitý mechanický profilograf je zachycen na obrázku 24.

Obrázek 24 - Použitý mechanický profilograf (Vlastní zdroj, 2017)



Postup měření spočíval v nalezení místa měření, umístění mechanického profilografu a vyrovnání profilografu do vodorovné roviny pomocí teleskopických podpěr. Následně byly spuštěny měřicí tyče tak, aby kopírovaly povrch půdy a tento stav byl zaznamenán pomocí fotoaparátu. Při zaznamenávání polohy fotoaparátem je důležité, aby byl fotoaparát kolmo na stupnici profilografu, aby nedocházelo ke zkreslení při odečítání hodnot. Pro vytvoření fotografií byl použit fotoaparát Olympus FE-210.

Takto zaznamenané fotografie byly následně přeneseny do počítače a pomocí programu IrfanView 4.13.67 a doplňku IrfanPaint byly změřeny délky jednotlivých tyčí profilografu a hodnoty byly přeneseny do programu Microsoft Excel 2010.

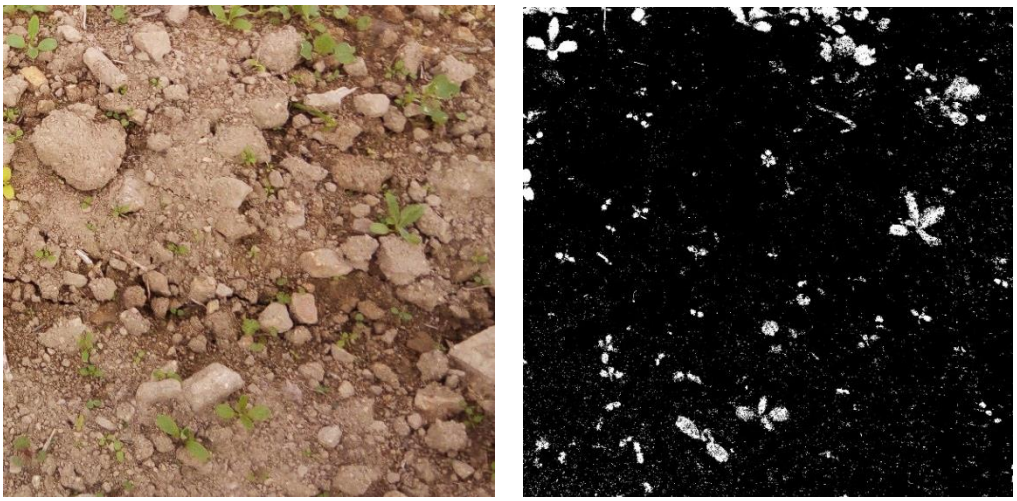
Měření bylo provedeno pro pět různých variant stavů povrchu půdy.

- Varianta 1 - měření povrchu zpracované půdy v sekcích a na rovině.
- Varianta 2 - měření povrchu zpracované půdy na rovině přes hranu sekce.
- Varianta 3 - měření povrchu zpracované půdy přes hranu sekce ve svahu.
- Varianta 4 – měření povrchu odkryté části půdního dna.
- Varianta 5 - měření nezpracovaného povrchu půdy.

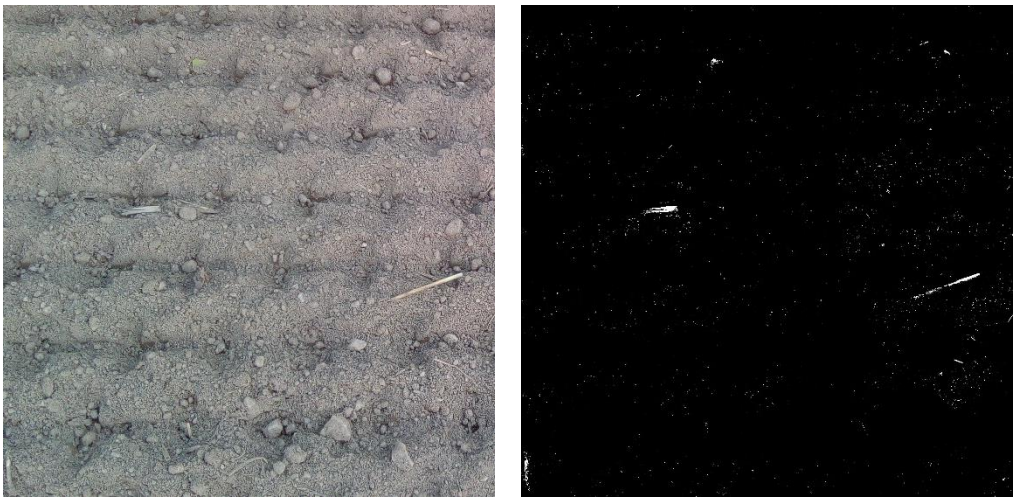
4.4.5 Měření množství rostlinných zbytků zpracováním obrazu

Pro toto měření bylo nutné nejdříve vyfotografovat povrch pozemku fotoaparátem. Při tomto fotografování je nutné povrch pozemku fotografovat, pokud možno kolmo na povrch pozemku, aby docházelo k co nejmenšímu zkreslení výsledků. Dále je vhodné se vyhnout pořizování fotografií na přímém slunci, protože stíny na fotografiích zkreslují výsledky a ztěžují práci při výsledném zpracování fotografií. Pro vytvoření fotografií byl použit fotoaparát Olympus FE-210.

Obrázek 25 - Zdrojová a zpracovaná fotografie pokryvnosti rostlinnými zbytky před zpracováním půdy (Vlastní zdroj, 2017)



Obrázek 26 - Zdrojová a zpracovaná fotografie pokryvnosti rostlinnými zbytky po zpracování půdy (Vlastní zdroj, 2017)



Takto vytvořené fotografie byly po měření přeneseny do počítače k dalšímu zpracování. Pro zpracování byl použit počítačový program na úpravu fotografií IrfanView 64 4.44. Zde byly vytvořené fotografie upraveny pomocí nástrojů korekce barev a nahrazení barev upraveny na fotografie obrázky tvořené pouze černou a bílou barvou, kde se v prostoru holého povrchu půdy nachází černá a bílou jsou vyznačeny rostlinné zbytky, jak je vidět na obrázcích 25 a 26. Poté jsme díky funkci histogram zjistili procentuální zastoupení černé a bílé barvy v obrázku. Tyto hodnoty zastoupení černé a bílé odpovídají procentům půdy pokrytých rostlinnými zbytky a procentům holé půdy. Takto naměřené hodnoty byly přeneseny do programu Microsoft Excel 2010 a do programu Statistica 12.

Fotografie pro zpracovanou a nezpracovanou půdy byly vytvořeny, zpracovány a vyhodnoceny vždy po pěti kusech. Měření se prováděla na různých místech pozemku.

5 Naměřené hodnoty

5.1 Výsledky měření drsnosti povrchu půdy řetězovou metodou

Naměřené hodnoty délky řetězu jsou zapsány v tabulce 5. Vypočtené hodnoty pro určení drsnosti povrchu jsou zapsány v tabulce 6.

Tabulka 5 - Naměřené délky řetězu

		Naměřené délky řetězu L_0 [cm]		
		Před zpracováním půdy	**Po zpracování půdy příčně**	**Po zpracování půdy podélně**
Číslo měření:	1.	106	113	116
	2.	105	111	117
	3.	110	110	115
Průměr		**107**	**111,33**	**116**

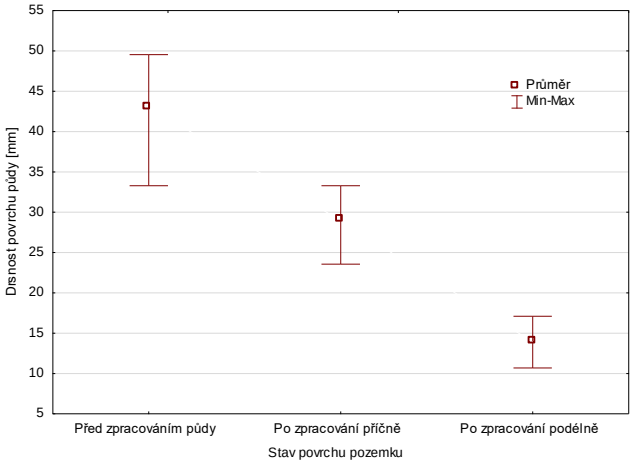
Tabulka 6 - Drsnost povrchu půdy řetězovou metodou

		Drsnost povrchu řetězovou metodou [mm]		
		Před zpracováním půdy	**Po zpracování půdy příčně**	**Po zpracování půdy podélně**
Číslo měření:	1.	46,30	23,56	13,89
	2.	49,55	30,04	10,69
	3.	33,29	33,29	17,11
Průměr		**43,05**	**28,96**	**13,90**

Vypočtené hodnoty drsnosti povrchu jasně dokazují výrazné snížení drsnosti povrchu půdy po zpracování kypřičem. Drsnost povrchu půdy po zpracování se v podélném směru snížila téměř o 70 % oproti původnímu stavu. Drsnost povrchu půdy po zpracování v příčném směru se také snížila, ale rozdíl není tak výrazný kvůli profilu povrchu vytvořenému crosskillskými válci. Z grafu na obrázku 27 jsou patrné rozsahy vypočtených hodnot drsnosti povrchu půdy. V tabulce u grafu jsou zapsány výsledky Tukeyova testu s uvedením homogenních skupin, ze kterého je

prokázáno, že mezi drsností povrchu před zpracováním a po zpracování půdy v podélném směru existuje významný statistický rozdíl.

Obrázek 27 - Graf drsnosti povrchu půdy řetězovou metodou



Tukeyův HSD test; proměnná Drsnost povrchu půdy [mm]
Homogenní skupiny, alfa = ,05000
Chyba: meziskup. PČ = 36,288, sv = 6,0000

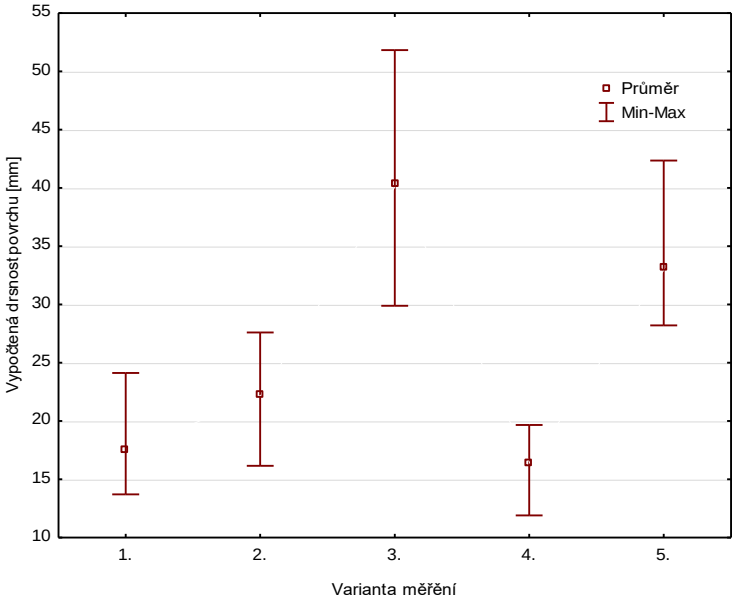
Stav povrchu pozemku	Drsnost povrchu půdy [mm] Průměr	1	2
Po zpracování podélně	13,89735	****	
Po zpracování příčně	28,96256	****	****
Před zpracováním půdy	43,04558		****

5.2 Výsledky drsnosti povrchu půdy výpočtem z výstupků a prohlubní

Vypočtené hodnoty drsnosti povrchu půdy jsou znázorněny v grafu na obrázku 28. V grafu jsou vyneseny rozsahy a průměry naměřených hodnot v závislosti na variantě měření. První varianta je měření hrudovitosti v sekcích a na rovině. Druhá varianta zobrazuje hrudovitost na zpracované půdě na rovině přes hranu sekce. Třetí varianta je měření ve svahu přes hranu sekce. Čtvrtá varianta zobrazuje drsnost povrchu půdního dna a pátá varianta je drsnost před zpravováním.

Z naměřených hodnot vyplývá, že po zpracování půdy na rovině (varianty 1. a 2.) došlo k výraznému snížení drsnosti povrchu půdy oproti nezpracovanému povrchu. Dále také z měření vyplývá, že při zpracování půdy ve svahu po vrstevnici, hrany sekcí vytváří jakési schody, čímž se celková drsnost povrchu půdy přes sekci zvyšuje, i když uvnitř sekce se drsnost povrchu sníží. Dále také Tukeyův test potvrdil, že mezi zpracováním půdy na rovině a ve svahu je významný statistický rozdíl.

Obrázek 28 - Výsledky vypočtených drsností povrchu



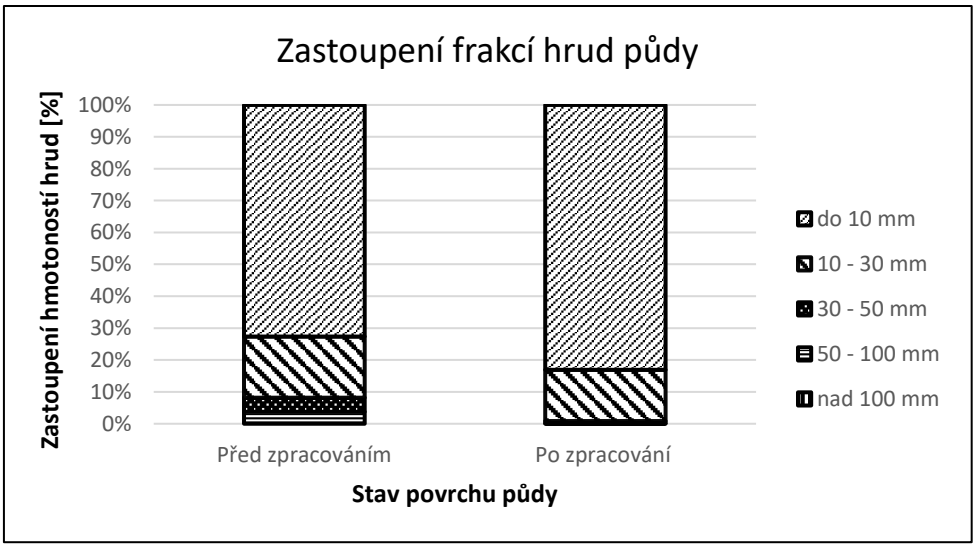
Tukeyův HSD test; proměnná Drsnost povrchu [mm]
Homogenní skupiny, alfa = ,05000
Chyba: meziskup. PČ = 53,632, sv = 10,000

Varianta měření	Vypočtená drsnost povrchu Průměr	1	2
4.	16,42824	****	
1.	17,45063	****	
2.	22,30624	****	****
5.	33,13555	****	****
3.	40,28551		****

5.3 Výsledky hrudovitosti podle hmotnosti hrud

Měření poskytlo hodnoty pro vytvoření grafu zobrazeném na obrázku 29. Hodnoty byly naměřeny před zpracováním půdy a ihned po zpracování půdy kombinovaným kypřičem. Naměřené hodnoty relativního zastoupení hmotnostních frakcí jsou v tabulce 7.

Obrázek 29 - Graf výsledků zastoupení hmotnostních frakcí půdy



Tabulka 7 - Tabulka výsledků zastoupení hmotnostních frakcí půdy

Velikost hrud	Průměrné relativní zastoupení hmotnosti hrud [%]	
	Před zpracováním	Po zpracování
nad 100 mm	0,00	0,00
50-100 mm	3,77	0,16
30-50 mm	4,40	0,73
10-30 mm	19,18	15,98
do 10 mm	72,64	83,13

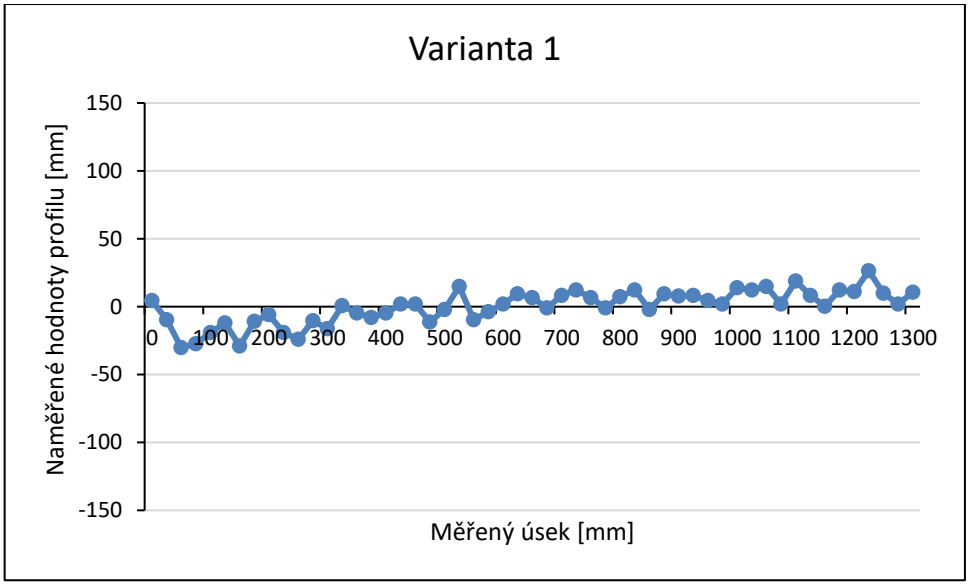
Z výsledků je patrné, že půda je sypká a nevytváří hroudy větší než 100 mm. Dokonce i hroudy větších než 30 mm se na pozemku vyskytují v zastoupení jen 4,4 %. Přesto je zde patrný rozdíl v hrudovitosti před a po zpracování půdy. Po zpracování půdy se zmenšilo zastoupení hrud nad 30 mm i hrud o velikosti 10-30 mm. V konečném důsledku se tedy značně zvýšilo zastoupení částic menších než 10 mm.

5.4 Výsledky měření drsnosti povrchu půdy mechanickým profilografem

Výsledky měření varianty 1

Výsledkem měření je graf zobrazený na obrázku 30. Z grafu je patrný členitý profil povrchu půdy vytvořený crosskillskými válci. Celkový profil je však velmi vyrovnaný. Maximální výchylka je 55,5 mm. Levá část profilu je lehce nižší. To je pravděpodobně způsobeno tím, že měření bylo provedeno v jedné ze středních sekcí a v místech, kde je stopa traktoru.

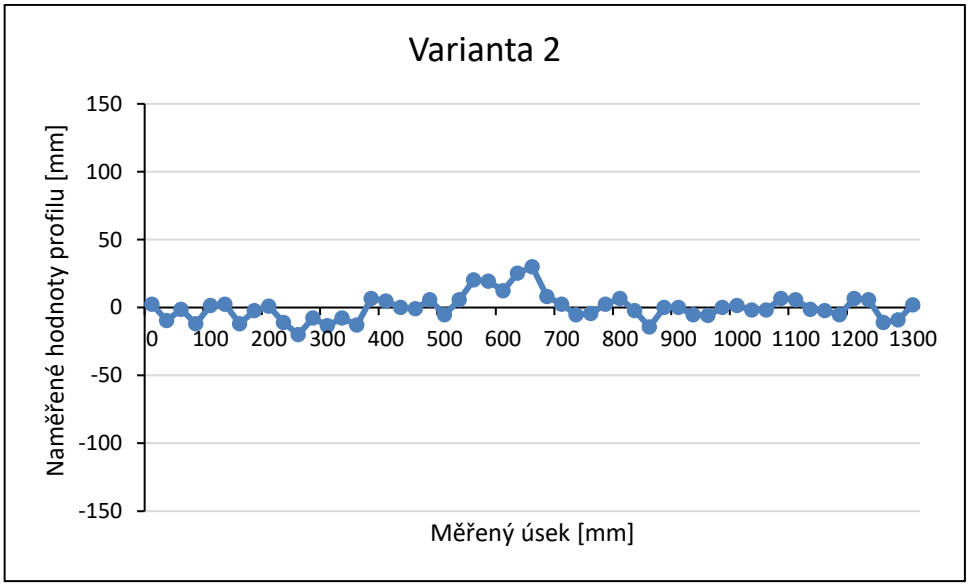
Obrázek 30 - Profil povrchu zpracované půdy v sekcích na rovině



Výsledky měření varianty 2

Výsledek měření varianty číslo 2 má opět pravidelný členitý povrch od crosskillských válců, ve střední části je však nahrnutý hrůbek. V těchto místech je hrana sekce a je zde mezera mezi válci. Hrůbek je vysoký asi 30 mm a široký asi 150 mm. Maximální výchylka profilu je asi 50 mm. Výsledný graf z tohoto měření je zobrazen na obrázku 31.

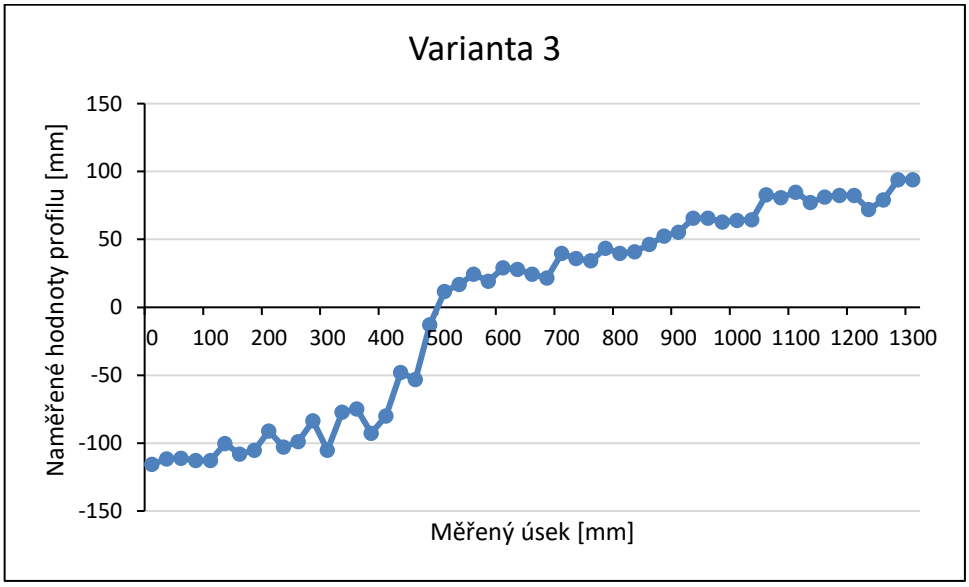
Obrázek 31 - Profil povrchu zpracované půdy na rovině přes hranu sekce



Výsledky měření varianty 3

Výsledek třetí varianty měření je zobrazen na obrázku 32. Z tohoto grafu je jasně patrné, že při práci stroje ve svahu po vrstevnici hrana sekcí vytváří jakési schody. Výška schodu při měření je asi 120 mm, což je významné pochybení a významně snižuje kvalitu povrchu půdy. Také bude značně kolísat hloubka nakypřené půdy, což není vhodné pro setí další plodiny.

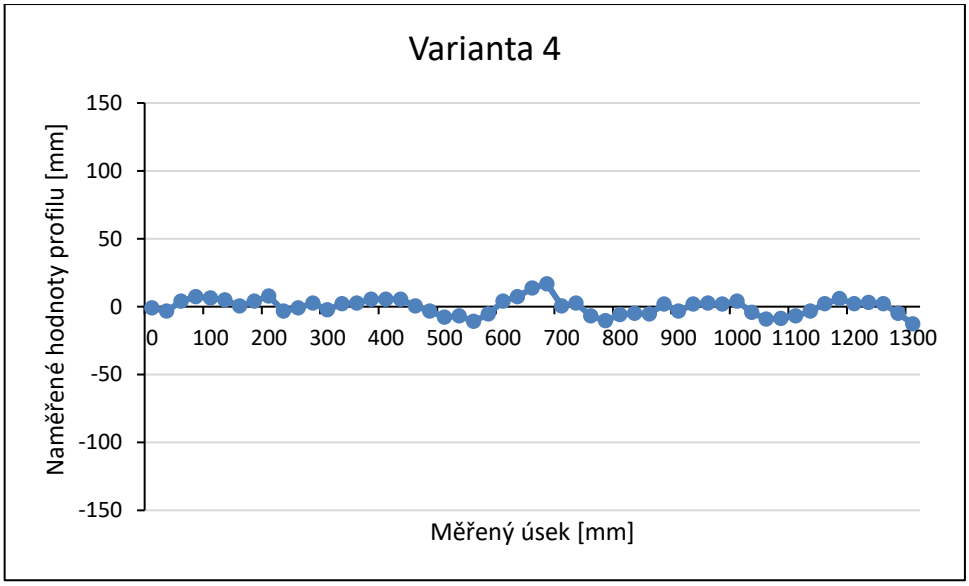
Obrázek 32 - Profil povrchu zpracované půdy přes hranu sekce ve svahu



Výsledky měření varianty 4

Varianta měření číslo 4 zobrazuje profil půdního dna po zpracování kypřičem. Výsledkem je vyrovnaný profil, pouze s jedním výrazným výstupkem. Takto vyrovnaný profil půdního dna je zde díky použití šípových radliček, které rovnoměrně podřezávají půdní dno. Maximální výchylka profilu je 19,5 mm, což naznačuje kvalitní zpracování půdy. Měření poskytlo hodnoty pro vytvoření grafu 33.

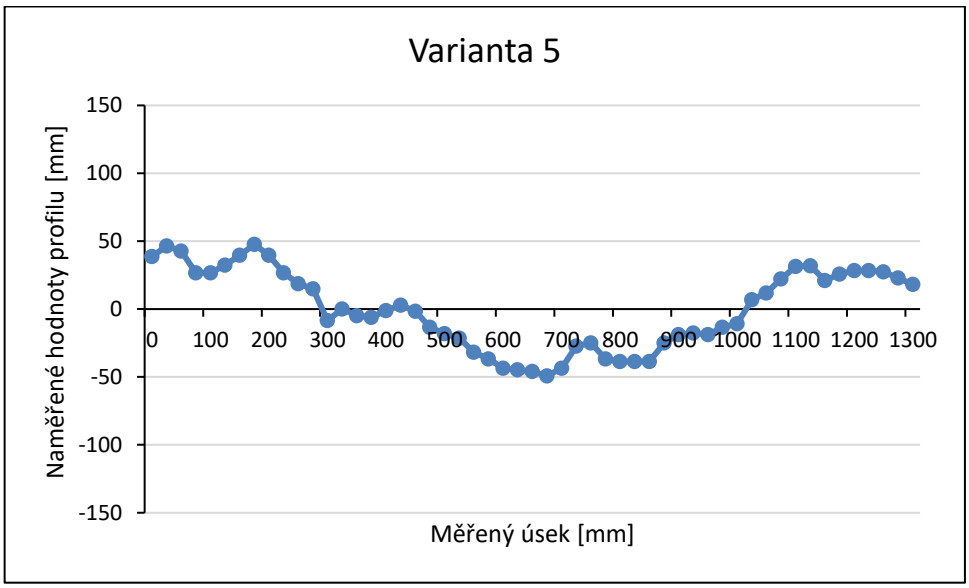
Obrázek 33 - Profil povrchu odkryté části půdního dna



Výsledky měření varianty 5

Výsledek měření číslo 5 je vynesen do grafu 34. Z něho je patrné významné zlepšení povrchu půdy. Maximální výchylka tohoto měření je téměř 100 mm, což je dvojnásobná hodnota oproti zpracovanému povrchu půdy na rovině.

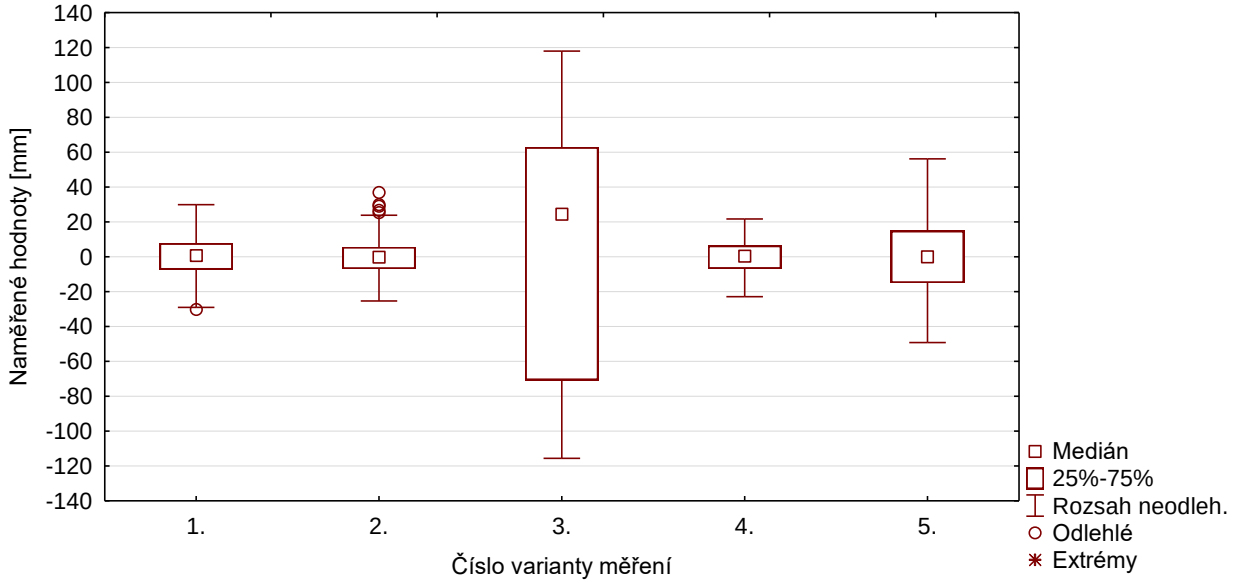
Obrázek 34 - Profil nezpracovaného povrchu půdy



Celkový výsledek

Všechny naměřené hodnoty byly zpracovány pomocí programu Statistica 12 a jsou zobraceny v krabicovém grafu na obrázku 35.

Obrázek 35 - Vyhodnocení variant měření profilografem



Z grafu na obrázku 35 je patrné, že mezi variantami 1 a 2 není žádný významný rozdíl. Naproti tomu varianta 3 má nejvyšší rozsah naměřených hodnot, dokonce větší než u nezpracované půdy. To naznačuje, že kvalita zpracování ve svahu po vrstevnici je velmi nízká. Varianta měření číslo 4 naznačuje, že dno zpracované půdy je vyrovnané a tím pádem kvalitně zpracované.

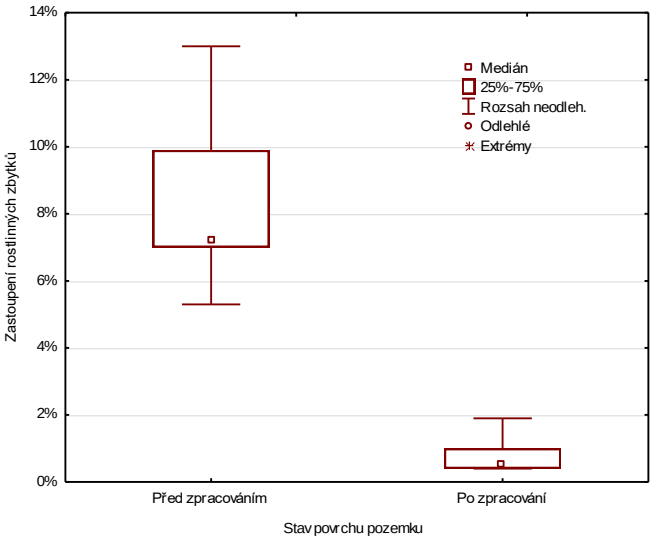
5.5 Výsledky množství rostlinných zbytků zpracováním obrazu

Již z prvních fotografií je patrné, že zastoupení rostlinných zbytků bude na povrchu malé, jak je vidět na obrázku 25, protože předchozí operací na pozemku byla orba.

Tabulka 8 - Pokryvnost půdy rostlinnými zbytky

		Pokryvnost rostlinnými zbytky [%]	
		Před zpracováním půdy	**Po zpracování půdy**
Číslo měření:	1.	5,3	0,4
	2.	9,9	0,5
	3.	7,2	1,9
	4.	13,0	1,0
	5.	7,0	0,4
Průměr		**8,5**	**0,8**

Obrázek 36 - Graf zastoupení rostlinných zbytků



Tukeyův HSD test; proměnná Zastoupení rostlinných zbytků
Homogenní skupiny, alfa = ,05000
Chyba: meziskup. PČ = ,00048, sv = 8,0000

Stav povrchu pozemku	Zastoupení rostlinných zbytků Průměr	1	2
Po zpracování	0,008400	****	
Před zpracováním	0,084800		****

Výsledky měření zaznamenané v tabulce 8 jasně vypovídají o tom, že naprostá většina rostlinných zbytků na povrchu půdy byla zapravena. To dokazuje, že malé množství rostlinných zbytků dokáže tento kombinovaný kypřič spolehlivě zapravit. Z obrázku 26 jsou patrné rozsahy naměřených hodnot. Z Tukeyovy analýzy je patrné, že mezi naměřenými hodnotami před a po zpracování půdy je významný statistický rozdíl.

6 Diskuse

Při měření se vyskytují jevy, které způsobují rozdíly mezi naměřenými hodnotami a skutečným stavem. Ke skutečným hodnotám se tedy více či méně přibližujeme. Tuto chybu měření se vždy snažíme minimalizovat volbou správných metod, správnými postupy měření a využitím co nejlepších měřidel.

U měření hrudovitosti záleží hlavně na půdním typu, zrnitostním složení půdy a na vlhkosti půdy. Nicméně fakt, že se na pozemku nevyskytovaly hroudy větší než 100 mm a hroudy pro zpracování půdy velikosti nad 50 mm měly zastoupení pouze 0,16 % naznačuje, že z hlediska hrudovitosti je pozemek dobře zpracován a po zpracování strojem Ostroj Saturn se hrudovitost ještě snížila. To dokazuje dobré připravení pozemku pro následné setí. Zastoupení 83 % půdních částic menších než 10 mm v kombinaci s malým pokryvem povrchu pozemku rostlinnými zbytky však vytváří riziko větrné i vodní eroze.

Měření drsnosti povrchu má vždy úskalí, která jsou spojená s půdou v místě měření. Velmi záleží na stavu půdy, půdním typu, složení půdy, vlhkosti půdy, kamenitosti atd. Proto je nutné k těmto faktorů přihlížet. Při výpočtu drsnosti povrchu, jsme dosáhli hodnot průměrné drsnosti povrchu pro první variantu měření 17,45 a pro druhou variantu hodnoty 22,30 mm. Tyto hodnoty jsou velmi nízké v porovnání s hodnotou průměrné drsnosti povrchu naměřené řetězovou metodou, která je 28,96 mm. To je pravděpodobně způsobeno tím, že výpočetní metoda zahrnuje pouze velikost deseti extrémních hodnot, kdežto řetězová metoda zohledňuje celý profil povrchu půdy. Proto je měření řetězovou metodou mnohem méně vhodné, pokud porovnáváme povrch, na kterém jsou vytvořeny malé hrůbky (naše měření s povrchem po croskillských válcích) a povrch hladký. Proto při porovnání našich naměřených hodnot s hodnotami jiných strojů jsme zaznamenali tak velký rozdíl. Pro porovnání, Šindelář (2015) naměřil drsnost povrchu řetězovou metodou 2,54 mm, pro talířový kypřič Preciser 6000 s prutovými válci při obdobných podmínkách, pro kypřič Horsch Tiger 4AS s pneumatikovým pěchem hodnoty do 10,36 mm a pro kypřič Case III Ecolo-tiger 530B povrchem dokončeným prutovými branami 10,3 mm. Z těchto hodnot vyplývá že pro námi měřený typ povrchu pozemku po zpracování půdy není řetězová metoda příliš vypovídající.

Nicméně když porovnáme vypočtené hodnoty drsnosti výpočetní metodou například s talířovým kypřičem Preciser 6000 dle Šindeláře (2009) zjistíme, že kvalita povrchu je velmi dobrá. Kypřič pracoval ve stejné pracovní hloubce a ve stejné pracovní rychlosti jako při našem měření a výsledná vypočtená drsnost povrchu byla 33,96 mm. Horší drsnost povrchu půdy po kypřiči Preciser pravděpodobně souvisí s použitím prutových válců, po kterých nemá povrch pravidelnou strukturu a vykazuje větší nahodilé výchylky povrchu pozemku. Další srovnání vypočtené drsnosti povrchu je s radličkovým kypřičem Horsch Tiger 4AS a kombinovaným kypřičem Case III Ecolo-tiger 530B dle Šindeláře (2009). Zde byly při hloubce zpracování 150 mm a pracovní rychlosti 8 km/h zjištěny hodnoty dokonce 69,59 mm (Horsch) a 64,2 mm (Case). Z těchto srovnání je jasné, že námi hodnocený kypřič Ostroj Saturn při daných podmínkách a na rovině zanechává velmi kvalitní povrch půdy. K tomu značně přispívá i použití crosskillských válců.

Měření profilografem mělo svá úskalí v kvalitě podmínek při pořizování fotografií, ve kvalitě odečítání hodnot a v možnosti mírného zaboření měřicích tyčí do povrchu pozemku. Nicméně i přes tyto nedostatky považuji měření za přesné. Pro porovnání s jinými měřeními je však úskalí ve velkém množství parametrů půdy a stavu strojů, které se mohou lišit. Samotné naměřené hodnoty pro měření na rovině (varianta 1. a 2.) byly vyrovnané, maximální výchylka byla v průměru 48,3 mm. Profil povrchu půdy byl pravidelný a hřebenitý od crosskillských válců. Tyto hodnoty byly porovnány s hodnotami, které naměřil Gutu (2015). Měření provedl pomocí stejného profilografu. Jeho měření bylo provedeno na talířovém kypřiči Horsch Joker 6 m při hloubce zpracování 80 mm a na radličkovém kypřiči. Farmet Hurikán 6000 při hloubce zpracování 100 mm. Z profilografu pro stroj Horsch je patný vyrovnaný povrch půdy a není patrný členitý profil jako u stroje Saturn s crosskillskými válci. Maximální výchylka naměřených hodnot je 39 mm. Profilograf pro stroj Farmet oproti tomu vykazuje velkou nevyrovnanost povrchu půdy s nahodilými výstupky a prohlubněmi. Maximální výchylka profilu je 102 mm. Z tohoto porovnání je patrné, že povrch pozemku je kvalitnější po zpracování strojem Horsch nebo Ostroj Saturn. Rozdíl mezi těmito stroji je pravděpodobně způsoben rozdílnými typy utužovacích válců. Povrch po zpracování strojem Farmet Hurikán byl příliš členitý a vykazoval značnou výchylku. Z tohoto srovnání vyplívá, že kombinovaný kypřič Ostroj Saturn vytváří kvalitní povrch půdy.

Měření profilu dna zpracované půdy ukázalo, že maximální výchylka dna zpracované půdy je do 42 mm na 1300 mm dlouhém měřeném úseku. Tento dobrý výsledek je způsoben použitím šípových radliček, které rovnoměrně odřezávají dno bez vzniku větších nerovností. Naproti tomu, Šindelář (2009) naměřil pro talířový kypřič Preciser 6000 při stejné hloubce zpracování a podobné rychlosti velmi podobné výsledky. Avšak v porovnání s dalšími měřeními na strojích, jako jsou radličkový kypřič Horsch Tiger 4AS a kombinovaný kypřič Case III Ecolo-tiger 530B, jsou výsledky velmi dobré. Pro Horsch naměřil maximální výchylku dna cca 120 mm pro Case dokonce přes 150 mm. Tyto hodnoty byly naměřeny při nastavené hloubce zpracování půdy 180 mm.

Narazili jsme však na velké úskalí při použití stroje ve svahu. Při zpracování půdy po vrstevnici vytváří stroj jakési schody. Tyto schody byly značně vysoké, běžně dosahovaly hodnot i 120 mm. To je z hlediska kvality zpracování půdy největší zjištěný nedostatek. Tento problém je způsoben konstrukčním řešením stroje, konkrétně použitím výkyvně uložených těžkých crosskillských válců. Při použití lehčího typu utužovacích válců by pravděpodobně bylo dosaženo z tohoto hlediska lepších výsledků. Použití jiného typu válců by však značně ovlivnilo kvalitu práce stroje v jiných ohledech.

V případě měření pokryvnosti je prvním zásadním problémem nerovnoměrnost rozptýlení rostlinných zbytků po pozemku. Již zde tedy vzniká značná heterogenita pokryvnosti rostlinnými zbytky. Zde je tedy důležité provést dostatečné množství měření. Dalším problémem v případě našeho měření bylo pokrytí slámy značným množstvím prachu z půdy, což velmi znesnadňovalo vyhodnocení fotografií analýzou obrazu. Pro porovnání je také nutné zohlednit stav půdy a její složení. Při porovnávání hraje velkou roli i opotřebení pracovních nástrojů, vlhkost půdy a další. Nicméně bylo prokázáno, že námi použitý kombinovaný kypřič zapravil do půdy v průměru 89,5 % rostlinných zbytků, při průměrné pokryvnosti povrchu rostlinnými zbytky 8,5 %. Tento výsledek prokazuje dobrou schopnost zapravení rostlinných zbytků do půdy. V porovnání s hodnotami, které naměřil Fráňa (2015) na kombinovaných kypřičích Väderstad Cultus CS 420 a Lemken Karat 9/300, je to dobrý výsledek. Fráňa (2015) naměřil, že pro hloubku zpracování 100 mm a rychlost 7-9 km/h zapravil Väderstad Cultus 71,2 % rostlinných zbytků a Lemken Karat 70,1 % rostlinných zbytků. Musíme zde však přihlédnout k tomu, že při těchto

měřeních byla původně pokryvnost téměř 100 %, což nám porovnání značně ztěžuje, nicméně lze očekávat, že při stejných podmínkách by výsledky byly vyrovnané.

7 Závěr

Tato diplomová práce uvádí přehled metod a technik používaných pro hodnocení kvality práce strojů i jejich využití. Hodnocení kvality zpracování půdy je v současné době velmi důležité pro vývoj nových stojů, které můžeme na základě takovýchto polních měření zdokonalovat. Při využití těchto poznatků a technologií pro zpracování půdy můžeme výrazně snižovat například vodní a větrná eroze půdy.

V současné době, kdy se stále více uplatňují minimalizační technologie zpracování půdy, je téma kvality zpracování půdy kypřičů stále velmi diskutované. Využití kypřičů pro minimalizační technologie zpracování půdy má neoddiskutovatelné výhody, co se týče plošné výkonnosti, nižší potřeby pracovních sil a nižší energetické náročnosti. Výhodou je i vyšší odolnost proti erozi díky ponechání rostlinných zbytků ve vyšších vrstvách a na povrchu. Navíc volbou různých konstrukcí kypřičů můžeme toto rozdělení organické hmoty v půdním profilu ovlivnit. Naproti tomu tato technologie přináší jistá rizika jako např. rozšiřování vytrvalých plevelů, okyselování půdy a častější výskyt škůdců a houbových chorob.

Samotné měření bylo zaměřeno na hodnocení kvality práce soupravy Zetor Forterra 130 HSX 16V s kombinovaným kypřičem Ostroj Saturn. Z měření hrudovitosti vyplývá, že stroj má dobrou drobicí schopnost. Měření profilografem prokázalo, že při práci na rovině nebo v mírném svahu vytváří stroj kvalitní povrch pozemku bez větších prohlubní a výstupků. Profil dna brázdy byl kvalitně odříznut šípovými radličkami a byl také rovinný bez větších prohlubní nebo výstupků v porovnání s jinými kypřiči. Problém však nastal při zpracování půdy ve svahu po vrstevnici, kde stroj vytvářel jakési schody. Naměřena byla skoková změna profilu i 120 mm. Takto velká výchylka může činit problémy při následném setí, kvůli proměnlivé výšce nakypřené půdy. Jelikož hloubka zpracování byla 70 mm, znamená to, že v některých místech bude půda téměř nenakypřena a jinde bude velmi vysoká vrstva nakypřené půdy bez správně utuženého seťového lůžka. Z hlediska zapravení rostlinných zbytků, byla vypočteno, že bylo zapraveno 89,5 % rostlinných zbytků, vzhledem k malé pokryvnosti rostlinnými zbytky před zpracováním půdy není tato hodnota příliš vypovídající.

8 Seznam literatury

[1] AL-KAISI, M.; HANNA, M.; TIDMAN, M. Methods for measuring crop residue. *Agriculture and Natural Resources*. 13.5.2002. [cit. 14.1.2018] Dostupné z: http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2809&context= cropnews

[2] ASADI, V.; JAFARI, A. Precise Measurement of Residue Cover by Means of Image Processing Techniques. *Internatıonal Journal of Natural and Engineering Sciences.* 4.8.2011. [cit. 19.1.2018] Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/236229070_Precise_measurement_of_residue_cover_by_means_of_image_processing_techniques

[3] BAIER, J. *Abeceda výživy a hnojení rostlin*. První vydání. Praha: SZN, 1985, 409 s.

[4] BÁŤKOVÁ, K.; MATULA, S.; MIHÁLIKOVÁ, M. *Multimediální učebnice hydropedologických terénních měření*. 2. doplněné vydání, 2013 [on-line]. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. Nestránkováno. [cit. 9.2.2018] Dostupné z: http://hydropedologie.agrobiologie.cz.

[5] BÖGEL, T.; OSINENKO, P.; HERLITZIUS, T. Assessmen t of soil roughness after tillage using spectral analysis. *Soil & Tillage Research.* 9.6.2015. [cit. 25.11.2017] Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198716300150

[6] BÖHM, J. *Fotogrammetrie.* Ostrava, 2002. [cit. 14.1.2018] Dostupné z: http://igdm.vsb.cz/igdm/materialy/Fotogrammetrie.pdf

[7] BOIFFIN, J., *Structural degradation of the soil surface by the action of rainfall*. Ph.D. diss. Inst. Natl. d´ Agronomie Paris-Grignon, 1984, Paris, France.

[8] BOLDIŠ, P. *Bibliografické citace dokumentů podle ČSN ISO 690 a ČSN ISO 690-2: Část 1 – Citace: metodika a obecná pravidla.* Verze 3.3. 1999, poslední aktualizace 11.11. 2001. [cit. 17.3.2018] Dostupné z: https://www.tf.czu.cz/dl/47515?lang=cs

[9] BOLDIŠ, P. *Bibliografické citace dokumentů podle ČSN ISO 690 a ČSN ISO 690-2: Část 2 – Modely a příklady citací u jednotlivých typů dokumentů*. Verze 3.0 (2004). 1999, poslední aktualizace 11. 11. 2004. [cit. 17.3.2018] Dostupné z: https://www.tf.czu.cz/dl/47516?lang=cs

[10] BRANT, V. Pásové zpracování půdy v porostech silážní kukuřice. *Agromanuál.* 10.3.2011. [cit. 2.2.2018] Dostupné z: https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/pasove-zpracovani-pudy-v-porostech-silazni-kukurice

[11] ECK, K. J.; BROWN, D. E. Estimating Corn and Soybean Residue Cover. *Agronomy Guide*. 3.1.2004. [cit. 19.1.2018] Dostupné z: https://www.extension.purdue.edu/extmedia/AY/AY-269-W.pdf

[12] FRÁŇA, F. *Kombinované stroje pro zpracování půdy.* Brno, 2005. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta.

[13] GARCÍA MORENO, R.; DÍAZ ÁLVAREZ, M. C.; TARQUIS, A. M., PAZ GONZÁLES, A.; SAA REQUEJO, A. Shadow analysis of soil surface roughness compared to the.chain set method and direct measurement of micro-relief. *Biogeosciences.* 18.8.2010. [cit. 15.1.2018] Dostupné z: https://www.biogeosciences.net/7/2477/2010/bg-7-2477-2010.pdf

[14] GUTU, D. *Změny systému jízd po orné půdě v zemědělském podniku*. Praha, 2015. Doktorská dizertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Katedra zemědělských strojů.

[15] HŮLA, J.; KOVAŘÍČEK, P.; KROULÍK, M. Vsakování vody do půdy a povrchový odtok vody u širokořádkových plodin. *Listy cukrovarnické a řepařské.* 1.1.2010. [cit. 2.2.2018] Dostupné z: http://www.cukr-listy.cz/on_line/2010/PDF/22-26.PDF

[16] HŮLA, J. Zpracování půdy. *Mechanizace zemědělství.* 20.6.2001. [cit. 06.10.2017] Dostupné z: http://mechanizaceweb.cz/zpracovani-pudy/

[17] HŮLA, J.; ABRAHAM, Z.; BAUER, F. *Zpracování půdy.* První vydání. Praha: Nakladatelství Brázda, 1997, 144 s.

[18] HŮLA, J.; MAYER, V. *Technologické systémy a stroje pro zpracování půdy.* První vyd. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1999, 35 s.

[19] HŮLA, J.; PROCHÁZKOVÁ, B. a kol. *Minimalizace zpracování půdy.* První vydání. Praha: Profi Press s.r.o., 2008, 248 s.

[20] HŮLA, J.; PROCHÁZKOVÁ, B.; KOVAŘÍČEK P. a kol. *Minimalizační a půdoochranné technologie.* Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky Praha, 2004, 58 s.

[21] JESTER, W.; KLIK, A. Soil surface roughness measurement-methods, applicability, and surface representation. *Catena.* 30.12.2005. [cit. 14.1.2018] Dostupné z: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S034181620500127X?via%3Dihub

[22] KLIK, A.; KAITNA, R.; BADRAOUI, M. *Desertification hazard in a mountainous ecosystem in the High Atlas Region, Morocco*. 12th ISCO Conference, Beijing, 2002. [cit. 14.1.2018] Dostupné z: http://www.tucson.ars.ag.gov/isco/isco12/VolumeIV/DesertificationHazard.pdf

[23] *Kombinované kypřiče SATURN IV.* [cit. 19.1.2018] Dostupné z: http://www.opall-agri.cz/kombinovane-kyprice-saturn-iv

[24] KOVAŘÍČEK, P.; KROULÍK, M.; HŮLA, J.; VLÁŠKOVÁ, M. *Metoda měření infiltrace vody do půdy zadešťovacím zařízením.* Praha: VÚZT, ČZU, 2006. 1.1.2010. [cit. 9.2.2018] Dostupné z: http://svt.pi.gin.cz/vuztweb/doc/rocenka2006/mer_infiltrace.pdf?menuid=531

[25] KOVAŘÍČEK, P.; ŠINDELÁŘ, R.; MAYER, V.; HŮLA, J.; PROCHÁZKA, P.; MAŠEK, J. Použití laserového profilografu při hodnocení kvality práce radličkového kypřiče. VIII. *Mezinárodní Vědecká Konference Mladých, Zvolen*. 2005.

[26] KUMHÁLA, F.; HEŘMÁNEK, P.; MAŠEK, J.; KVÍZ, Z.; HONZÍK, I. *Zemědělská technika*. První vydání. Praha: ČZU, 2007, 438 s.

[27] LAFLEN, J.M.; AMEMIVA, M.; HINTZ, E.A. Measuring crop residue cover. *Journal of Soil and Water Conservation.* 1981.

[28] MARINELLO, F.; PEZZUOLO, A.; GASPARINI, F.; ARVIDSSON, J.; SARTORI, L. Application of the Kinect sensor for dynamic soil surface characterization. *Precision Agriculture.* 12.4.2015. [cit. 15.1.2018] Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Francesco_Marinello/publication/276458483_Application_of_the_Kinect_sensor_for_dynamic_soil_surface_characterization/links/5699122908ae6169e551674d/Application-of-the-Kinect-sensor-for-dynamic-soil-surface-characterization.pdf

[29] MAŠEK, J. Moderní zpracování půdy. *Mechanizace zemědělství*. 28.4.2017. [cit. 10.1.2018] Dostupné z: http://mechanizaceweb.cz/moderni-zpracovani-pudy/

[30] MAŠEK, J.; NOVÁK, P.; CHOLENSKÝ, J. Vliv technologie zpracování půdy na její vlastnosti*. Agrjournal*. 5.4.2015. [cit. 18.11.2017] Dostupné z: https://www.agrojournal.cz/clanky/vliv-technologie-zpracovani-pudy-na-jeji-vlastnosti-43

[31] MAYER, V.; HŮLA, J.; KOVAŘÍČEK, P.; VLÁŠKOVÁ, M. *Zařízení pro měření stavu povrchu půdy a porostu na půdách.* Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2004. [cit. 14.1.2018] Dostupné z: http://svt.pi.gin.cz/vuzt/

[32] Estimating Crop Residue Cover for Soil Erosion Control. *Ministry of Agrigulture British Columbia.* [cit. 19.1.2018] Dostupné z: https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/farming-natural-resources-and-industry/agriculture-and-seafood/agricultural-land-and-environment/soil-nutrients/600-series/641220-1_estimating_crop_residue_cover.pdf

[33] NOVÁČEK, P.; HUBA, M. *Ohrožená planeta*. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1994. 203 str.

[34] NOWATZKY, J.; ENDRES, G.; DEJONG-HUGHES, J.; AARKE, D. Strip Till for Field Crop Production, *Univesity of Minnesota Extension.* 5.2011. [cit. 2.2.2018] Dostupné z: https://www.extension.umn.edu/agriculture/soils/tillage/docs/strip-till-for-field-crop-production.pdf

[35] PÁLTIK, J. a kol. *Stroje pre rastlinnů výrobu.* První vydání. Nitra: Slovenská polnohospodářská univerzita v Nitre. 2003, 241 s.

[36] PARR, J.R.; BERNARD, A.R. Water infiltration into soils. *Advances in Agronomy*. 1960. 363 s.

[37] PASTOREK, Z. a kol. *Zemědělská technika dnes a zítra.* První vydání. Praha: Nakladatelstní Martin Sedláček, 2002, 144 s.

[38] PAZDERA, J. a kol. *Pěstování rostlin – cvičení.* První vydání. Praha: ČZU, 2006, 203 s.

[39] RAFIBAKHSH, N.; GONG, J.; SIDDIQU, I M. K.; GORDON, C; LEE, H. F. Analysis of XBOX Kinect Sensor Data for Use on Construction Sites: Depth Accuracy and Sensor Interference Assessment. *Construction*

Research Congres. 12.7.2012. [cit. 15.1.2018] Dostupné z: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.473.5711&rep=rep1&type=pdf

[40] RIBEIRO, A.; RANZ, J.; BURGOS-ARTIZZU, X. P.; PAJARES, G.; SANCHEZ DEL ARCO, M. J.; NAVARRETE, L. An Image Segmentation Based on a Genetic Algorithm for Determining Soil Coverage by Crop Residues. *Sensors.* 29.4.2011. [cit. 19.1.2018] Dostupné z: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3231416/

[41] ROH, J.; HEŘMÁNEK, P.; KUMHÁLA, F. *Stroje používané v rostlinné výrobě.* Druhé vydání, první dotisk. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2003, 270 s.

[42] ROH, J.; KUMHÁLA, F.; HEŘMÁNEK, P. *Minimalizace zpracování půdy.* Druhé vydání. Praha: ČZU, 2004, 270 s.

[43] SHELTON, D. P.; JASA, P. J. Estimating Percent Residue Cover Using the Line-Transect Method. *NebGuide.* 2009. [cit. 19.1.2018] Dostupné z: http://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/g1931.pdf

[44] SKALICKÝ, V. Hospodaření s půdou. *Mechanizace zemědělství.* 22.7.2004. [cit. 18.11.2017] Dostupné z: http://mechanizaceweb.cz/hospodareni-s-pudou/

[45] SOMMER, C.; ZACH, M. *Langfristige Sicherung der Bodenfruchtbarkeit durch konservierende/schonende Bodenbearbeitung.* Feldwirtschaft, 1990, 342 s.

[46] SUNDERMEIER, A.; REEDER, R. Fall Strip Tillage Systems. *Ohio State University Extension*. 29.1.2016. [cit. 2.2.2018] Dostupné z: https://ohioline.osu.edu/factsheet/aex-507

[47] ŠARAPATKA, B. *Pedologie.* První vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 1996, 235 s.

[48] ŠARAPATKA, B. Eroze ohrožuje v Česku přes polovinu zemědělské půdy. *iDNES/Zprávy.* 4.2.2012. [cit. 24.2.2018] Dostupné z: https://zpravy.idnes.cz/zprava-o-zivotnim-prostredi-pudu-nam-nici-vodni-eroze-ppg-/domaci.aspx?c=A120202_173228_domaci_taj

[49] ŠAŘEC, P.; ŠAŘEC, O. Různé způsoby zakládání porostů řepky ozimé ve střední Evropě. *Biom.* 2003. [cit. 19.1.2018] Dostupné z:

https://biom.cz/cz/odborne-clanky/ruzne-zpusoby-zakladani-porostu-repky-ozime-ve-stredni-evrope

[50] ŠIMON, J.; ŠKODA, V.; HŮLA, J. *Zakládání porostů hlavních polních plodin novými technologiemi*. Praha: Agrospoj, 1999, 78 s.

[51] ŠINDELÁŘ, R.; KOVAŘÍČEK, P.; KROULÍK, M.; HŮLA, J. *Hodnocení povrchového odtoku vody metodou simulace deště.* Praha: VÚZT, ČZU, 2007. 1.1.2010. [cit. 9.2.2018] Dostupné z: http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2007/049.PDF

[52] ŠINDELÁŘ, R.; KOVAŘÍČEK, P.; VLÁŠKOVÁ, M.; HŮLA, J.; KROULÍK, M. *Měření infiltrace vody do půdy pomocí kruhového infiltrometru Mini Disk*. Praha: VÚZT, ČZU, 2008. [cit. 9.2.2018] Dostupné z: http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2008/040.PDF

[53] ŠINDELÁŘ, R. *Kvalita práce strojů v energeticky méně náročných technologiích zpracování půdy.* Doktorská dizertační práce. Praha, 2015. Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Katedra zemědělských strojů.

[54] THOMSEN, L.M.; BAARTMAN, J.E.M.; BARNEVELD, R.J.; STARKLOFF, T.; STOLTE, J. Soil surface roughness: comparing old and new measuring methods and application in a soil erosion model. *Soil journal.* 24.4.2015. [cit. 14.1.2018] Dostupné z: https://www.soil-journal.net/1/399/2015/soil-1-399-2015.pdf

[55] VÁVRA, V. a kol. Radličkový kypřič a talířový podmítač ve srovnání II. *Mechanizace zemědělství.* 2007, č. 2, s. 54–57.

[56] VRBA, V.; HULEŠ L. Humus – půda – rostlina*. Biom*. 2006, [cit. 07.10.2017] Dostupné z: http://biom.cz/cz/odborne-clanky/humus-puda-rostlina-2-humus-a-puda

[57] *Výroční zpráva VÚZT 2012*. Praha: VÚZT, 2012. [cit. 15.1.2018] Dostupné z: http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/vyrocnizpravy/vyrocnizprava2012.pdf

9 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Rozdělení půd podle obsahu humusu (Šarapatka, 1996).....4

Tabulka 2 -Vliv použité techniky na podíl rostlinných zbytků na povrchu půdy (Hůla, Mayer, 1999).....8

Tabulka 3 - Koeficienty zapravení rostlinných zbytků pro různé druhy zpracování půdy pro kukuřici a sóju (Al-Kaisi a kol., 2002).....15

Tabulka 4 - Příklad výpočtu pokryvnosti rostlinných zbytků (Al-Kaisi a kol., 2002)....16

Tabulka 5 - Naměřené délky řetězu 39

Tabulka 6 - Drsnost povrchu půdy řetězovou metodou 39

Tabulka 7 - Tabulka výsledků zastoupení hmotnostních frakcí půdy 42

Tabulka 8 - Pokryvnost půdy rostlinnými zbytky.....47

10 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Schéma měření (Ministry of Agriculture Britisch Columbia, 2000).....11

Obrázek 2 -Místa odečítání pokryvnosti (Shelton a Jasa, 2009) 12

Obrázek 3 - Fotografie se známou pokryvností sloužící k porovnání pokryvnosti rostlinnými zbytky kukuřice (Eck a Brown. 2004) 13

Obrázek 4 - Příklady vyhodnocení pokryvnosti (Ribeiro a kol., 2011) 14

Obrázek 5 - Řetězová metoda (Jester a kol., 2005) 17

Obrázek 6 -Tyčový profilograf (Garcia Moreno a kol, 2010).....18

Obrázek 7 - Tyčový profilograf konstrukce VUZT (Gutu, 2015).....19

Obrázek 8 - Laserový profilograf (Mayer a kol., 2004) 19

Obrázek 9 - Příklad výstupních hodnot (Mayer a kol., 2004).....20

Obrázek 10 - Soustava sít (Vávra, 2007) 20

Obrázek 11 - Schéma měření prohlubní a vrcholů (Kovaříček a kol., 2005) 21
Obrázek 12 - Analýza stínů (Garcia Moreno a kol, 2010).....22
Obrázek 13 - Stereofotogrammetrická metoda (Jester a kol., 2005) 23
Obrázek 14 - Zařízení Kinect (Marinello a kol., 2015) 23
Obrázek 15 - Princip určování vzdálenosti (Marinello a kol., 2015).....24
Obrázek 16 - Využití 3D senzoru při práci stroje (Marinello a kol., 2015).....24
Obrázek 17 - Schéma soupravy dvouválcového infiltrometru (Baťková a kol., 2013)26
Obrázek 18 - Schéma Mini Disc infiltrometr (Šindelář a kol., 2008) 27
Obrázek 19 - Schéma simulátoru dešte (Šindelář a kol., 2007) 28
Obrázek 20 - Zetor Forterra 130 HSX 16V (Vlastní zdroj, 2017).....32
Obrázek 21 - Kombinovaný kypřič Ostroj Saturn (Vlastní zdroj, 2017).....32
Obrázek 22 - Měření drsnosti povrchu půdy řetězovou metodou (Vlastní zdroj, 2017) 34
Obrázek 23 - Soustava sít pro měření hmotnosti frakcí hrud (Vlastní zdroj, 2017) ...35
Obrázek 24 - Použitý mechanický profilograf (Vlastní zdroj, 2017) 36
Obrázek 25 - Zdrojová a zpracovaná fotografie pokryvnosti rostlinnými zbytky před zpracováním půdy (Vlastní zdroj, 2017) 37
Obrázek 26 - Zdrojová a zpracovaná fotografie pokryvnosti rostlinnými zbytky po zpracování půdy (Vlastní zdroj, 2017) 37
Obrázek 27 - Graf drsnosti povrchu půdy řetězovou metodou 40
Obrázek 28 - Výsledky vypočtených drsností povrchu 41
Obrázek 29 - Graf výsledků zastoupení hmotnostních frakcí půdy 41
Obrázek 30 - Profil povrchu zpracované půdy v sekcích na rovině 43
Obrázek 31 - Profil povrchu zpracované půdy na rovině přes hranu sekce 43
Obrázek 32 - Profil povrchu zpracované půdy přes hranu sekce ve svahu 44

Obrázek 33 - Profil povrchu odkryté části půdního dna 45
Obrázek 34 - Profil nezpracovaného povrchu půdy.....45
Obrázek 35 - Vyhodnocení variant měření profilografem 46
Obrázek 36 - Graf zastoupení rostlinných zbytků.....47