

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra zemědělských strojů



Diplomová práce

**Hodnocení kvality práce vybrané skupiny strojů pro
zpracování půdy**

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Autor práce: Bc. Filip Draganović

© 2023 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Filip Draganović

Zemědělská technika

Název práce

Hodnocení kvality práce vybrané skupiny strojů pro zpracování půdy

Název anglicky

Work quality evaluation of selected machines for soil tillage

Cíle práce

Cílem práce bude hodnocení kvality práce vybraných strojů na zpracování půdy s talířovými pracovními nástroji. Hodnocenými parametry budou hřebenitost dna, drsnost zpracovaného povrchu a pokryvnost povrchu půdy rostlinnými zbytky.

Metodika

Práce bude obsahovat hodnocení kvality práce strojů na zpracování půdy s talířovými pracovními nástroji. Experimentální měření proběhne na určeném pokusném pozemku. K měření budou použity stroje s talířovými pracovními nástroji vybraných výrobců.

Osnova práce:

1. Úvod
2. Současný stav zpracování půdy
3. Cíl práce
4. Metodika práce
5. Naměřené výsledky
6. Diskuse k výsledkům
7. Závěr

Doporučený rozsah práce

45 – 50 stran textu

Klíčová slova

kypřič; talíř; ornice; drsnost;

Doporučené zdroje informací

HŮLA, J. – ABRHAM, Z. – BAUER, F. *Zpracování půdy*. Praha: Brázda, 1997. ISBN 80-209-0265-1.

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

HŮLA, J. – MAYER, V. *Technologické systémy a stroje pro zpracování půdy*. V Praze: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1999. ISBN 80-7105-187-.

HŮLA, J. – ZELENÁ, L. *Technika v postupech ochranného zpracování půdy k širokořádkovým plodinám : (metodika)*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1995. ISBN 80-86153-70-3.

MAŠEK, J. *Technika v postupech úsporného zpracování půdy*. Praha: ČZU-TF, 2007.

Předběžný termín obhajoby

2022/2023 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zemědělských strojů

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2023

prof. Dr. Ing. František Kumhála

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2023

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 29. 03. 2023

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: **Hodnocení kvality práce vybrané skupiny strojů pro 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 29.3.2023

.....

Bc. Filip Draganović

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Jiřímu Maškovi, Ph.D. za odborné vedení, rady a cenné připomínky při řešení a zpracování diplomové práce.

V neposlední řadě bych rád poděkoval celé mé rodině za podporu při studiu.

Hodnocení kvality práce vybrané skupiny strojů pro zpracování půdy

Abstrakt: Cílem diplomové práce je hodnocení kvality práce vybraných talířových nástrojů pro zpracování půdy. V rešeršní části je nejprve popsána historie zpracování půdy, dále jsou popsány konvenční, minimalizační a půdoochranné způsoby zpracování půdy, přičemž jsou brány v potaz i klady a zápory jednotlivých technologií a dopady na půdní prostředí, a nakonec jsou představeny stroje pro zpracování půdy.

V praktické části bylo provedeno polní měření s cílem posoudit kvalitu práce strojů s talířovými pracovními nástroji Horsch Joker 6 RT a Lemken Rubin 9. Hodnocena byla hřebenitost dna, drsnost zpracovaného povrchu a pokryvnost povrchu posklizňovými zbytky. Pro zjištění fyzikálních vlastností půdy byly odebrány neporušené půdní vzorky do Kopeckého válečků. Naměřené výsledky byly následně vyhodnoceny a statisticky zpracovány.

Klíčová slova: kypřič; talíř; ornice; drsnost.

Work quality evaluation of selected machines for soil tillage

Abstract: The aim of the diploma thesis is to evaluate the quality of the work of selected disc tools for tillage. In the research part, the history of tillage is first described, then conventional, minimal and conservation methods of tillage are described, taking into account the pros and cons of individual technologies and the impact on the soil environment, and finally machines for tillage are presented.

In the practical part, a field measurement was carried out with the aim of evaluate the quality of the work of the machines with disc work tools Horsch Joker 6 RT and Lemken Rubin 9. The furrow bottom profile, the surface roughness and the surface coverage by crop residues were evaluated. In order to determine the physical properties of the soil, undisturbed soil samples were taken into Kopeckého cylinders. The measured results were then evaluated and statistically processed.

Key words: tiller; disc; topsoil; roughness.

Obsah

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Úvod..... | 1 |
| 2 | Současný stav zpracování půdy..... | 3 |
| 2.1 | Historický vývoj zpracování půdy..... | 3 |
| 2.2 | Současný stav způsobů zpracování půdy..... | 4 |
| 2.3 | Konvenční zpracování půdy | 5 |
| 2.3.1 | Orba | 6 |
| 2.4 | Minimalizační zpracování půdy..... | 7 |
| 2.4.1 | Půdoochranné zpracování půdy..... | 10 |
| 2.4.2 | Přímé setí..... | 14 |
| 2.5 | Stroje na konvenční zpracování půdy..... | 14 |
| 2.5.1 | Radličné pluhy..... | 14 |
| 2.6 | Stroje na minimalizační zpracování půdy | 15 |
| 2.6.1 | Dlátové kypřiče..... | 16 |
| 2.6.2 | Radličkové kypřiče | 16 |
| 2.6.3 | Talířové kypřiče..... | 18 |
| 3 | Cíl práce..... | 23 |
| 4 | Metodika práce..... | 24 |
| 4.1 | Charakteristika pozemku a podmínky při měření..... | 24 |
| 4.2 | Mechanizace použita k měření | 24 |
| 4.3 | Postup měření | 26 |
| 4.3.1 | Odběr neporušených půdních vzorků | 26 |
| 4.3.2 | Hodnocení pokrývnosti posklizňovými zbytky | 28 |
| 4.3.3 | Drsnost zpracovaného povrchu..... | 32 |
| 4.3.4 | Měření hřebenitosti dna | 32 |
| 5 | Naměřené výsledky..... | 34 |

| | | |
|-------|--|----|
| 5.1 | Fyzikální vlastnosti půdy..... | 34 |
| 5.2 | Pokryvnost povrchu posklizňovými zbytky..... | 37 |
| 5.3 | Drsnost povrchu..... | 38 |
| 5.4 | Hřebenitost dna | 40 |
| 5.4.1 | Lemken Rubin 9 | 40 |
| 5.4.2 | Horsch Joker 6 RT | 42 |
| 6 | Diskuse k výsledkům..... | 45 |
| 7 | Závěr..... | 48 |
| 8 | Seznam použitých zdrojů | 50 |
| 9 | Seznam obrázků | 55 |
| 10 | Seznam tabulek | 57 |

1 Úvod

Zpracování půdy je jedním z energeticky nejnáročnějších procesů v zemědělství a má za úkol připravit vhodné podmínky pro kvalitní založení porostů, pro růst a vývoj plodin i pro správný průběh půdních procesů. Metody zpracování půdy odrážejí současnou úroveň vědeckých poznatků, problémů, ale i praktických zkušeností, přičemž každá metoda má přednosti i nedostatky, které často závisí na daných půdních a klimatických podmínkách, a proto záleží na konkrétním zemědělci, jak bude půdu zpracovávat (Křen et al., 2015).

V minulosti bylo zpracování půdy spojováno se zvýšenou úrodností vzniklou mineralizací půdních živin, díky čemuž klesá z dlouhodobého hlediska organická hmota v půdě, která nejen poskytuje živiny plodině, ale je i důležitá pro stabilitu půdy. Při dlouhodobém intenzivním zemědělství tedy většina půd degraduje, což má za následek tvorbu krust a zhutňování půdy a v konečném důsledku dochází k půdní erozi. Stupeň zhutnění půdy, objemová hmotnost půdy a stav půdní vlhkosti jsou důležité faktory ovlivňující vzcházení a výnos plodin (Campbell et al., 1996; FAO, 2005).

V současné době je snaha omezit degradaci půdy, především vodní a větrnou erozi, zhutňování a úbytek organické hmoty, a proto se vedle konvenčních technologií stále více prosazují minimalizační a půdoochranné technologie, které mají příznivé dopady na stav půdy a životní prostředí, ale také příznivé ekonomické dopady. Tyto technologie používají pro zpracování půdy kypřiče s talířovými, dlátovými nebo radličkovými pracovními nástroji (nebo jejich kombinace) a vyznačují se redukcí hloubky a intenzity zpracování půdy a také ponecháním rostlinných zbytků na povrchu či ve vrchní vrstvě půdy (Procházková et al., 2011).

Konstrukce soudobých kypřičů bývá často kombinovaná, kdy kromě kypření umožňují volit stupeň zapravení rostlinných zbytků do půdy a intenzitu drobení a urovnání povrchové vrstvy půdy, přičemž výslednou úpravu půdy (urovnání povrchu, drcení hrud a zpětné utužení) zajišťují utužovací válce. Kypřiče zanechávají hřebenité dno, které brání vzniku zhutnělé vrstvy v podorničí, zlepšuje vsakování vody a zajišťuje u kulturních rostlin lepší rozvoj kořenového systému (Kovaříček et al., 2017).

Zpracování půdy pomocí talířových nástrojů řeší důležité agronomické úkoly: zapravení posklizňových zbytků a hnojiv, zachování a akumulace půdní vlhkosti, aktivace mikrobiologických procesů, hubení plevelů, škůdců a patogenů kulturních rostlin. Kvalita práce strojů s talířovými pracovními nástroji závisí nejen na volbě vhodných parametrů a provozních režimů, které jsou zcela určeny konstrukčními vlastnostmi a provozními podmínkami, ale také na široké škále změn půdních vlastností v rámci jednoho pozemku či půdně-klimatické jednotky. Mezi konstrukční faktory významně ovlivňující kvalitu práce patří: tvar a velikost talířů, orientace a uložení talířů a hmotnost stroje. Kromě těchto faktorů ovlivňuje kvalitu práce i provozní režim (pracovní rychlost, hloubka a směr zpracování půdy) a půdní podmínky (typ půdy, objemová hmotnost půdy, vlhkost půdy a množství rostlinných zbytků) (Zubko et al., 2021).

Stroje s talířovými pracovními nástroji mají vysokou plošnou výkonnost, potřebují menší tahový výkon a mohou pracovat ve vlhkých a těžkých pracovních podmínkách i ve vysokém strništi a rostlinných zbytcích, a proto mají významnou roli v zemědělství po celém světě.

Tato diplomová práce se zabývá aktuální tematikou postupů a strojů pro zpracování půdy a ve výsledkové části jsou představeny výsledky hodnocení kvality práce strojů v podmínkách polního pokusu.

2 Současný stav zpracování půdy

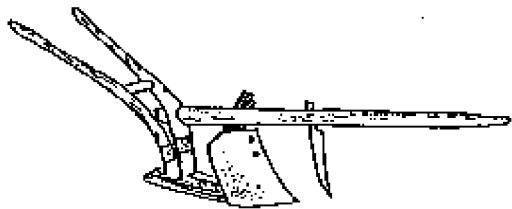
2.1 Historický vývoj zpracování půdy

Historie zpracování půdy sahá až do počátků zemědělství v 10. tisíciletí př. n. l., kdy člověk opouštěl sběrný způsob obstarávání potravy a začal s chovem hospodářských zvířat spolu s cíleným pěstováním obilnin, kvůli čemuž bylo zapotřebí připravovat půdu pro setí. Příprava půdy v této době neznamenal nic jiného, než prosté vypalování travnatých porostů a lesů, kdy na vypálenou plochu poté byla ručně rozházena semena a následně byla zašlapána nebo zahrnuta do popela pomocí větví. Ve 4. tisíciletí př. n. l. vznikl náplavový systém používaný převážně v povodí velkých řek (Eufrat, Tigris) a také v úrodných nížinách Mezopotámie, kde Sumerové a Akkadové pěstovali pšenici, ječmen, len a luskoviny (hrách, bob, čočka). Pro obdělávání půdy již využívali dřevěné nářadí (motyky, rýče a rádla) i nářadí z pálené hlíny, ale také zde byly první pokusy využití tažné síly zvířat. Z tohoto období pochází také nejstarší vyobrazení rádla, tedy radlice, která kypří, ale neobrací půdu, na hliněné destičce z Uruk-Warka v Mezopotámii (Křen et al., 2015; Kumhála et al., 2007; Tempír, 2021).

V období 5.–4. století př. n. l. se na území Řecka a později Říma začala používat dřevěná oradla okutá železem. Následnou úpravou částečně železných, později celokovových oradel se začaly v jižní Evropě používat jednoduché pluh, později i s opěrnými plazy (asi 6.–7. století n. l.), které půdu nejen rozrývaly, ale částečně i obracely. Následně byla rozrytá a částečně odsunutá půda rozkopána motykami a urovnána dřevěnými branami s železnými hřeby či vlečenými deskami. Takovýmto způsobem se v evropských podmínkách půda obdělávala až do 18. století (Křen et al., 2015).

V 18. a 19. století se zemědělství zaměřovalo na zdokonalování práce pluhů, především kvalitního obracení skývy, na vývoj různých kultivátorů, kypřičů, bran a podrýváků. V roce 1763 začal vyrábět pluh se šroubovou odhrnovačkou závod Jamese Smalla. Výrobu začala následně také firma Ekkert, která vyrobila později otočný pluh a také v roce 1854 první pluh s předradličkou. První pluh s kulturní odhrnovačkou vyráběla firma Sakk. Nejvýznamnější posun byl vynález ruchadla (obr. 1) v letech 1824 až 1827 bratřenci Veverkovými z Rybitví u Pardubic. Ruchadlo mělo zesílenou slupici, upravenou délku plazu a kovovou desku v dolní části mírně

válcovitě vydotou tak, že se dnem brázdy svírá úhel 60–70° a s vertikální rovinou úhel přibližně 45°. Díky tomuto postavení radlice proti směru jízdy byla rozoraná půda obrácena jen na jednu stranu. Ruchadlová, tj. válcová, radlice se snadno vyráběla



Obr. 1: Ruchadlo bratraců Veverkových
(Křen, 2015)

a stala se mezníkem ve vývoji pluhů u nás i ve světě. Jednoduchá ruchadla vyráběli kováři, ale i továrny v Německu, Polsku, Rakousku a Maďarsku, dokonce měly tyto radlice od roku 1837–1838 také pluhy Johna Deera v USA. Konstrukci pluhů také významně ovlivnil český ekonom a konstruktér František

Horský, který v roce 1832 sestrojil pluh se 3 až 6 orebními tělesy. V USA a suchých oblastech východní a jižní Evropy se také objevily nové systémy zpracování půdy, které půdu povrchově kypřily, podrývaly a jen minimálně obracely, aby se zamezilo větší ztrátě vody z ornice (Křen et al., 2015; Kubačák, 2020; Roh, Kumhála, Heřmánek, 2003).

Konec 19. a začátek 20. století přinesl rozvoj strojů pro zpracování půdy, především pluhů, železných bran, různých kultivátorů a secích strojů, ale i nové způsoby orby (např. lanová orba nebo použití parního stroje při orbě). Ve třicátých letech 20. století zasáhla obilnářské oblasti USA velká sucha, která s kombinací intenzivního zpracování půdy zapříčinila prašné bouře a větrnou erozi, což vedlo k diskusi o užitečnosti klasické orby a prospěšnosti minimalizačních technologií. Na evropském kontinentu dochází ve druhé polovině 20. století ke združstevňování rolnických hospodářství a zestátnění velkých statků, ale také k vývoji traktorů a více radličných orebních sestav. Více radličné podmítače a pluh, stroje pro kultivaci půdy v porostech plodin, kombinované stroje pro přípravu půdy i další stroje vytvořily základ pro velkoprodukční systém zemědělské výroby, který zcela vytlačil polní práce s využitím tažné síly zvířat. Od šedesátých let 20. století se začínají prosazovat minimalizační technologie zpracování půdy (Křen et al., 2015; Kubačák, 2020).

2.2 Současný stav způsobů zpracování půdy


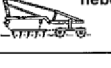


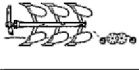






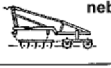


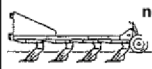








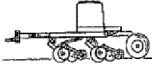
V předchozích desetiletích se výrobci a konstruktéři zabývali hlavně výkonností strojů bez ohledu na možné negativní důsledky jako: zhutnění a destrukce půdy, ale v současnosti se klade důraz i na ekonomické a ekologické dopady, optimalizaci

zpracování půdy z hlediska potřeby rostlin, zachování úrodnosti a rovněž na protierozní účinky. Kvůli těmto důvodům se také vyvíjejí nové technologie zpracování půdy, které lze rozdělit podle intenzity, hloubky a způsobu kypření (Křen et al., 2015; Novák, Mašek, 2018).

Dle Hůly et al. (2010) můžeme rozdělit způsoby zpracování půdy s ohledem na podmínky hospodaření v České republice do následujících skupin:

- Konvenční zpracování půdy – tj. technologie s orbou – každoročně se uplatňuje orba radličným pluhem, rostlinné zbytky předplodin, biomasa meziplodin a nadzemní části plevelů jsou zapravovány do půdy.
- Minimalizační zpracování půdy – tj. technologie bez orby.

Různé příklady způsobu zpracování půdy v závislosti na intenzitě zpracování uvádí Kumhála et al. (2007) na přehledném schématu (obr. 2).

| Způsob zpracování půdy a zakládání porostu | Pracovní postupy zpracování půdy | | | Pracovní operace |
|---|--|--|---|---|
| | Základní zpracování půdy | Předsetová příprava půdy | Setí | |
| Konvenční zpracování půdy s orbou |  |  nebo  |  | oddělené |
| |  |  nebo  |  | spojená předsetová příprava a setí |
| |  | | | všechny operace spojeny |
| Konzervační zpracování půdy bez orby s kypřením |  nebo  |  nebo  |  | oddělené |
| |  nebo  |  nebo  |  | spojená předsetová příprava a setí |
| |  | | | všechny operace spojeny |
| bez kypření | |  nebo  nebo  | | bez základního zpracování půdy spojená předsetová příprava a setí |
| Přímé setí bez zpracování půdy | | |  | jen setí |

Obr. 2: Způsoby zpracování půdy v závislosti na intenzitě zpracování půdy (Kumhála et al., 2007)

2.3 Konvenční zpracování půdy

Konvenční (klasické) zpracování půdy je u nás spojováno s opakovaným kypřením a obracením ornice pomocí radličného pluhu, přičemž orba probíhá každý rok. K plnění agrotechnických požadavků na zpracování půdy (potlačování plevelů, přirozené

slehávání půdy v době mezi orbou a setím) využívá časový odstup mezi základním a předset'ovým zpracováním půdy. Do konvenčních (klasických) technologií zpracování půdy v současné koncepci zahrnujeme nejenom oddělené pracovní operace (orba, podmítka, vláčení, válení, smykování, různé způsoby kypření), ale i běžné spojování pracovních operací, např. spojení pluhu s válci, tj. orby s drčením hrud a podpovrchovým utužením půdy, spojení předset'ové přípravy půdy se setím či spojení operací předset'ové přípravy půdy (Hůla, Abrham, Bauer, 1997).

Konvenční zpracování půdy s orbou je dlouhodobě ověřeno a jeho využívání je také motivováno snahou o výnosovou jistotu i při méně příznivém počasí, ale z důvodu velkého počtu pracovních operací přispívá k velké časové náročnosti, kvůli které často nelze včas a kvalitně založit porosty následujících plodin po plodinách s delší vegetační dobou, a pokud ano, tak na úkor agrotechnických lhůt a postupů. Nadměrné kypření a časté obracení půdních vrstev v ornici má také nepříznivé dopady na rozvoj půdních organismů, populace žížal a dalších drobných živočichů (Hůla, Abrham, Bauer, 1997; Hůla, Procházková et al., 2008).

2.3.1 Orba

Orba radličným pluhem představuje základní operaci konvenčního zpracování půdy, která se uplatňuje při potlačování chorob, plevelů a škůdců plodin, má rozhodující vliv na celkový stav půdy a při správném provedení půdu kypří, drobí, mísí a obrací. Při drobení dochází k prokypření půdy, čímž se výrazně zvyšuje pórovitost (u středních půd až o 30 %, u těžkých půd v průměru o 50 %). Tím se zvyšuje provzdušnění půdy, které je důležité pro rozvoj aerobní mikroflóry, nutné pro mineralizaci organické hmoty v půdě a rozklad škodlivých reziduí po používaných pesticidech. Pluhem odříznutá skýva je též obrácená, splavené živiny a rozpustné částice jsou ze spodních vrstev vynášeny do povrchové vrstvy ornice. Při orbě dochází též k žádoucímu mísení ornice a rovněž tak k zapravování rostlinných zbytků předplodiny, rostlinné hmoty meziplodiny a hnojiv (hnoje, zeleného hnojení, průmyslových hnojiv atd.) do půdy. Při hluboké orbě jsou z velké části zničeny zaklopením na dno brázdy i jednoleté a vytrvalé plevely (jako např. pýr plazivý) (Šnobl, Půlkrábek et al., 2007).

Kromě příznivého působení orby na výdrol předplodin a plevelů se však na povrch půdy dostávají semena plevelů z půdní zásoby, která mohou začít klíčit, vzcházet

a zvyšovat zaplevelení plodin, také dochází ke ztrátám půdní vláhy z důvodu přerušení kapilárních pórů. Orba je vysoce energeticky náročná a při nepříznivých podmínkách je spojena s nadměrnou spotřebou paliva a ztrátou času. Při nadměrné vlhkosti se zvyšuje prokluz traktoru a také se zhutňuje dno brázdy, což přispívá k tvorbě zhutnělé vrstvy půdy v podorničí. Na kamenitých a štěrkovitých pozemcích se při orbě zvyšuje obsah kamenů v povrchových částech ornice, a především u těžkých půd se vyskytují obtížně rozdrobitelné hroudy (Hůla, Abrham, Bauer, 1997; Hůla, Procházková et al., 2008).

Orbu můžeme rozdělit dle hloubky zpracování:

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

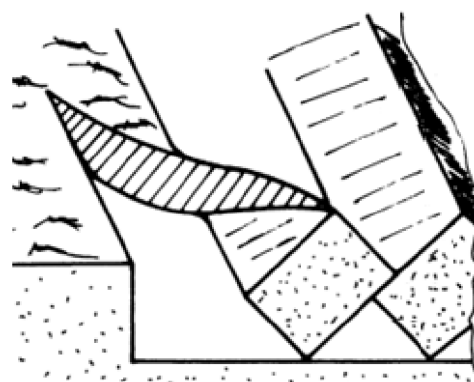
Orební poměr

Pro dosažení překlápění skývy při orbě (obr. 3) se musí dodržet orební poměr k , což je poměr šířky záběru orebního tělesa ku hloubce orby a jeho mezní hodnota je:

$$k = \frac{b}{a} > 1,27 \text{ [-]} \quad (1)$$

kde: a – hloubka orby [m]

b – šířka záběru orebního tělesa [m]



Obr. 3: Obracení skývy při orbě
(Kumhála et al., 2007)

Pokud se při orbě skýva nepřeklopí a po přejetí orebního tělesa se vrátí na své původní místo, tak je orební poměr k menší než 1,27 a je nutné ho zvětšit, abychom dosáhli správného překlápění skývy. U pluhu s pevně daným pracovním záběrem orebních těles je nutné zmenšit hloubku zpracování. U pluhu s měnitelným záběrem orebních těles je možné zvětšit šířku záběru jednotlivých orebních těles (Kumhála et al., 2007).

2.4 Minimalizační zpracování půdy

Minimalizační technologie zpracování půdy, na rozdíl od pracovní a energeticky náročných konvenčních technologií zpracování půdy s orbou, se v současné době stále více uplatňují. Jedná se o výsevy plodin do povrchově zpracované a do

nezpracované půdy, různé formy mělkého zpracování půdy, náhrady orby kypřením, pásové zpracování půdy, výsevy plodin do hrůbků a výsevy plodin do vymrzajících nebo přezimujících (chemicky likvidovaných) meziplodin. Základní stroj je zde kypřič, u kterého jsou voleny různé pracovní nástroje (dláta, radličky, talíře nebo jejich kombinace) v závislosti na požadovaném stupni zapravení rostlinných zbytků či jejich ponechání na povrchu půdy (Křen et al., 2015).

Podle Somera a Zacha (1990) jsou minimalizační technologie zpracování půdy založeny na dvou základních myšlenkách:

1. Redukovat hloubku a intenzitu základního (konvenčního) zpracování půdy bez obracení zpracovávané vrstvy půdy (šetrně kypřit) s cílem dosáhnout stabilní strukturu půdy díky delšímu vegetačnímu klidu (preventivní ochrana před zhutněním půdy).
2. Ponechat rostlinné zbytky předplodin a meziplodin blízko povrchu půdy nebo přímo na povrchu půdy s cílem dosáhnout celoročního pokrytí půdy rostlinnými zbytky (preventivní ochrana před vodní a větrnou erozí a neproduktivním výparem vody).

Mezi hlavní důvody rozšiřování minimalizačního zpracování půdy můžeme řadit ekonomické, ekologické a technické aspekty. Z ekonomického pohledu je pro zemědělce přínosem úspora práce a energie, kvůli poklesu počtu pracovních operací a vyšší výkonnosti strojů. Následkem jsou také snížené nároky na počty pracovníků i organizaci práce. Z ekologického hlediska se jedná především o pozitivní vliv na strukturní stav půdy, lepší hospodaření s půdní vodou (omezení neproduktivního výparu vody z půdy díky rostlinným zbytkům na povrchu půdy, snížení ztrát vody při menší intenzitě zpracování půdy), snížení vodní a větrné eroze, zlepšení stavu půdní organické hmoty (zvýšení obsahu a kvality půdního humusu), omezení vyplavování pohyblivých forem dusíku. V neposlední řadě má svou zásluhu na uplatnění různých forem minimalizačního zpracování půdy a zakládání porostů také vývoj a uvádění na trh nových konstrukčních řešení strojů, které umožňují přizpůsobit technologické postupy konkrétním půdním a klimatickým podmínkám, čímž se zajistí kvalitní založení porostu pěstovaných plodin (Procházková et al., 2011).

Nevýhodou minimalizačního zpracování půdy mohou být zvýšené náklady na regulaci zaplevelení a na ochranu proti škůdcům a chorobám. Mělké zpracování půdy

poškozuje pouze svrchní část kořenového systému plevelů, což vyvolává velmi silnou regeneraci, která vede k tomu, že po zavedení minimalizačních technologií dochází zpravidla již v druhém roce a dalších letech k poměrně rychlému rozšíření vytrvalých plevelů (pýr plazivý, pcháč rolní a celá řada dalších), ale i plevelů, které se běžně na orné půdě nevyskytují (šťovík tupolistý, šťovík kadeřavý, pampeliška lékařská aj.) (Mikulka, 2011; Šnobl, Půlkrábek et al., 2007).

Pro úspěch technologií bez orby je potřeba sledovat již sklizeň předplodiny, u které je žádoucí, aby došlo k rovnoměrnému rozptýlení rostlinných zbytků na povrchu půdy bez jejich shluků, které by zhoršovaly kvalitu založení porostu i jeho následný růst a vývoj. Zároveň je žádoucí, aby sklizňové stroje a odvozové prostředky nezanechávaly hluboké koleje stopy, které by měly negativní vliv na kvalitu založení porostu, především u výsevu plodin vyžadujících přesné setí (Mašek, 2010).

Minimalizační technologie jsou využívány hlavně u hustě setých obilnin, ale také u kukuřice, luskovin, olejnin, a dokonce i u cukrovky. Vhodné podmínky pro minimalizační technologie jsou na středně těžkých půdách s vyšší přirozenou úrodností v sušších a teplejších oblastech, avšak rozšiřují se i na těžké půdy, kde není možné konvenční technologií s orbou založit porost ozimých plodin v požadovaných agrotechnických lhůtách. Zcela nevhodné podmínky pro redukcii hloubky a intenzity zpracování půdy jsou na zamokřených a nadměrně zhutněných půdách, kde je nutné zajistit dostatečné nakypření a provzdušnění půdy (Procházková et al., 2011).

Pro podmínky České republiky zařazuje Hůla et al. (2010) do minimalizačního zpracování půdy následující postupy:

- Minimalizace s kypřením půdy do zvolené, zpravidla malé hloubky – v případě výskytu příznaků zhutnění lze ornicí jednorázově hlouběji prokypřit bez obracení. Na povrchu půdy zůstává méně než 30 % rostlinných zbytků.
- Půdoochranné zpracování – technologie zpracování půdy, u kterých je alespoň 30 % povrchu půdy po zasetí pokryto rostlinnými zbytky předplodiny nebo meziplodiny.
- Přímé setí (setí do nezpracované půdy) – zpracování půdy po sklizni předplodiny se neprovádí, setí probíhá speciálními secími stroji do rýh nebo pruhů, přičemž většina povrchu půdy není mechanicky zasažena.

V USA jsou dlouhodobě v největší míře používány technologie bez orby, a proto je zde půdoochranné zpracování půdy ještě dále děleno na několik způsobů, které vychází z klasifikace Americké půdoznalecké společnosti – Soil Science Society of America. Brady a Weil (1999) rozdělili půdoochranné technologie na pět základních typů:

- Reduced-tillage (minimální/redukované zpracování půdy) – základem je snížení počtu mechanických zásahů a intenzity zpracování půdy. Na povrchu půdy je nejméně 30% pokryvnost rostlinných zbytků.
- Mulch-tillage (technologie zpracování půdy s využitím mulče) – použití radličkových, dlátových a talířových nástrojů tak, že po zpracování půdy zůstane nejméně 30 % rostlinných zbytků na povrchu půdy. Ochrana proti plevelům je prováděna kultivací a herbicidy.
- Strip-tillage (pásové zpracování půdy) – půda se zpracovává v úzkých pruzích, do kterých je uloženo osivo. Mezi těmito pruhy zůstává půda nezpracovaná, ochrana proti plevelům je prováděna kultivací a herbicidy.
- Ridge-tillage (technologie setí do hrůbků) – širokořádkové plodiny (např. kukuřice) jsou vysévány do hrůbků, přičemž významná část rostlinných zbytků zůstává po zasetí na povrchu půdy. Ochrana proti plevelům je prováděna kultivací a herbicidy.
- No-tillage/Direct-drilling/Zero-tillage (technologie setí do nezpracované půdy) – půda se před setím nezpracovává, seje se speciálními secími stroji a na povrchu půdy zůstává 80 až 100 % rostlinných zbytků. Hubení plevelů se provádí především herbicidy.

2.4.1 Půdoochranné zpracování půdy

Jedná se v podstatě o minimalizační způsoby zpracování půdy s různým stupněm redukce intenzity a hloubky zpracování, které jsou doplněny o využívání organické hmoty (Hůla, Procházková et al., 2008).

Johnson (1988) definuje půdoochranné zpracování půdy jako systém, u kterého zůstává po zasetí plodiny nejméně 30 % povrchu půdy pokryto rostlinnými zbytky. Wischmeier a Smith (1978) uvádějí, že každým zvýšením pokryvnosti půdy o 10 % klesne eroze půdy o 20 %. Hanna et al. (1995) konstatuje shrnutím dosavadních poznatků, že pokrytím 20 až 30 % povrchu půdy rostlinnými zbytky v době setí lze

v porovnání s povrchem půdy bez rostlinných zbytků dosáhnout snížení vodní eroze o 50 až 90 %. Vliv různých strojů na množství posklizňových zbytků uvádí tabulka 1.

Tab. 1 Vliv zpracování půdy na rostlinné zbytky (Hůla, Abrham, Bauer, 1997)

| Stroj pro zpracování půdy | Podíl rostlinných zbytků, které zůstanou na povrchu půdy (%) |
|---------------------------|--|
| Pluh | 0-7 |
| Talířový podmítač | 60 |
| Dlátový kypřič | 75 |
| Radličkový kypřič | 65 |

Pokryv půdy rostlinnými zbytky – mulčem – se příznivě podílí na mikrobiální činnosti v horních vrstvách půdy, což příznivě ovlivňuje fyzikální a chemické půdní vlastnosti. Jako hlavní účel mulče se jeví ochrana půdní vyspělosti (drobtovitá struktura), zabránění slití a kornatění půdy, a tím snížení výparu půdní vody. Mulč také chrání půdu před destrukcí vlivem dešťů, povrchovým odtokem vody i odnosem větrem, snižuje kolísání půdní teploty, což může vést ke zmírnění teploty půdy v horkých podmínkách, a naopak zpomalovat ochlazování půdy v chladnějších podmínkách, potlačuje růst jednoletých plevelů a u širokořádkových plodin snižuje nebezpečí tvorby půdního škraloupu po vydatnějších srážkách na počátku vegetace (Mašek, Novák, Cholenský, 2015).

Větší množství posklizňových zbytků rostlin a slámy obilnin na povrchu půdy může být překážkou pro zajištění požadované hloubky a rovnoměrnosti uložení semen do půdy pomocí secího stroje. Také mohou vznikat problémy se založením porostů a zajištěním vhodných podmínek pro růst následné plodiny. Zbytky rostlin snižují kontakt semen s půdou a tím zamezují přístup k vodě z půdního prostředí k semenům. Dále uvolňované látky z posklizňových zbytků i fytotoxické látky vznikající při mikrobiálním rozkladu posklizňových zbytků mohou inhibičně působit na klíčení a vzcházení rostlin (Procházková et al., 2011).

Strip-tillage (pásové zpracování půdy)

Pásové zpracování půdy (obr. 4) představuje technologii, při které dochází ke zpracování půdy v pásích ve směru řádku následně vysévané plodiny a zároveň na povrchu půdy zůstane nejméně 30 % rostlinných zbytků. Rozteč pásů se nejčastěji pohybuje v rozmezí 40-90 cm a odvíjí se od stavu povrchu půdy a orničního profilu,

pokrytí povrchu půdy rostlinnými zbytky, druhu plodiny, konstrukce mechanizačního prostředku apod. Šířka kypřeného pásu bývá v závislosti na pěstované plodině 15-40 cm. Plošné zastoupení kypřených pásů nepřesahuje zpravidla více než 25 % plochy pozemku. Pásové zpracování půdy se nejčastěji používá pro širokořádkové plodiny (kukuřice, slunečnice, cukrovka, sója, čirok, řepka aj.) s cílem minimalizovat z dlouhodobého hlediska erozi půdy (Brant et al., 2016).



Obr. 4: Slunečnice v pásech po kukuřici (<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/progresivni-farmarska-technologie-pasova-priprava-pudy-strip-till->)

Za hlavní výhody pásového zpracování půdy lze považovat (Sundermeier, Reeder, 2006):

- Ochrana půdy v důsledku ponechání rostlinných zbytků v meziřádcích.
- Zlepšení půdních podmínek pro vývoj rostlin v řádcích (vyšší teplota a kvalitněji připravené seťové lůžko).
- Uložení hnojiv do blízkosti kořenů, což umožňuje i snížení dávek (vyšší efektivita využití hnojiv).
- Vhodnější podmínky pro setí, které spočívají v dřívějším termínu setí a nižších požadavcích na startovací dávky hnojiv oproti ostatním technologiím.

Kromě klasického pásového zpracování půdy, které se využívá spíše ve světě (např. USA), dochází v rámci evropského zemědělství k uplatňování tzv. intenzivního

pásového zpracování půdy, které se vyznačuje kombinací celoplošného mělkého kypření povrchu pozemku s následným pásovým zpracováním. V technologii pásového zpracování půdy také narůstá využití tzv. systémů založení pomocí jednoho přejezdu, které kombinují pásové zpracování, zonální hnojení (aplikace kapalných či pevných minerálních hnojiv) a setí kukuřice v jednom přejezdu, případně v kombinaci s pásovou aplikací herbicidu na řádek vyseté plodiny (Brant et al., 2020; Nýč et al., 2015).

Ridge-tillage (technologie setí do hrůbků)

Technologie setí do hrůbků (obr. 5) je metoda, u které jsou do hrůbků o výšce 10-15 cm vysety širokořádkové plodiny (např. kukuřice, sója, brambory, čirok, slunečnice, bavlník, na evropském kontinentě ale také často mrkev, chřest a cukrová řepa) pomocí speciálních secích strojů. Hrůbky mohou být vytvářeny na podzim nebo zároveň při setí a mohou na pozemku zůstat i několik let, v jiném případě jsou každoročně obnovovány. Posklizňové zbytky jsou umístěny na spodku a stěně hrůbků a kryjí 40-70 % povrchu půdy. Ochrana proti plevelům se provádí chemicky nebo i mechanickou kultivací, přičemž vytvořené hrůbky dobře slouží pro navigaci kultivačních zařízení. Výhodou je, že půda v hrůbkách se dříve prohřívá, což umožňuje dřívější setí (Kovaříček et al., 2010; Mašek, Novák, Cholenský, 2015).



*Obr. 5: Porost cukrové řepy pěstované v hrůbkách
(<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/progresivni-technologie-eliminujici-zhutnovani-pudy-pri-pestovani-cukrove-repy>)*

2.4.2 Přímé setí

Přímé setí do nezpracované půdy je metoda, při které se po sklizni předplodiny půda nijak nezpracovává a setí probíhá speciálními secími stroji do nezpracované půdy s rostlinnými zbytky předplodiny. Secí stroje pro přímý výsev jsou většinou vybaveny kotoučovými botkami, které se neucpávají rostlinnými zbytky, ale vyrábějí se i stroje s radličkovými botkami, které více narušují povrch půdy. Stroje pro přímý výsev jsou také často vybaveny zařízením pro aplikaci průmyslových hnojiv pod povrch půdy, jelikož při přímém setí není možnost zapravit průmyslová hnojiva předset'ovou přípravou půdy. Při přímém setí hustě vysévaných plodin zůstává většina povrchu půdy nezasazena. Podle zvolené meziřádkové vzdálenosti a řešení výsevních btek secích strojů se narušuje pouze 5 až 10 % povrchu půdy (Ginigaddara, 2018; Hůla, Abrham, Bauer, 1997; Hůla et al., 2010).

Přímé setí do nezpracované půdy se využívá hlavně pro obilniny, a to především v sušších oblastech severní Ameriky a Austrálie, kde je půda ohrožena větrnou erozí. Přímý výsev obilnin se rozšiřuje i v sušších a teplejších oblastech Evropy, avšak je podmíněn nízkým výskytem vytrvalých plevelů. Z hlediska potřeby práce a spotřeby motorové nafty se jedná o velmi výhodnou technologii, avšak je nutné počítat se zvýšenou spotřebou herbicidů k hubení plevelů (Hůla, Abrham, Bauer, 1997; Šnobl, Půlkrábek et al., 2007).

2.5 Stroje na konvenční zpracování půdy

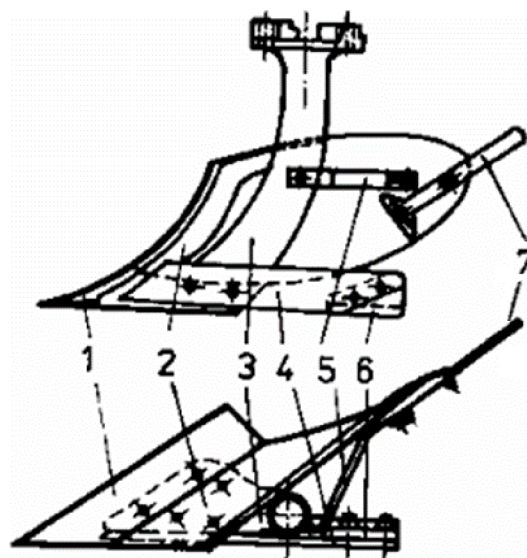
Základní operací konvenčního zpracování půdy je orba radličným pluhem, při které dochází k odkrojení, převrácení a rozdrobení skývy ornice.

2.5.1 Radličné pluhy

Orební ústrojí (orební jednotka) pluhu se skládá z orebního tělesa, předradličky, krojidla a podrýváku.

Orební těleso (obr. 6) jako hlavní pracovní část pluhu se skládá z čepele, odhrnovačky, slupice, plazu s patkou, vzpěry a pera odhrnovačky. Pro čepel s odhrnovačkou se používá označení radlice.

Čepel je přišroubovaná k odhrnovačce a odřezává skývu od dna brázdy, pro zvýšení životnosti bývá ostří čepele kaleno nebo je na něj nanesen tvrdokov. Při zvedání a překlápění skývy do vedlejší brázdy působí na orební těleso síla, jejíž boční složku zachycuje plaz, což je svislá deska opírající se o stěnu brázdy (Hůla, Abrham, Bauer, 1997).



Obr. 6: Orební těleso: 1 – čepel, 2 – odhrnovačka, 3 – slupice, 4 – plaz, 5 – patka, 6 – vzpěra, 7 – pero odhrnovačky (Neubauer et al., 1989)

Volbou správné odhrnovačky můžeme ovlivnit kvalitu práce. Základní typy odhrnovaček jsou (Křen et al., 2015; Neubauer et al., 1989):

- Válcová – vhodná pro lehké půdy, dobře drobí, ale nedokonale obrací skývu.
- Kulturní – vhodná pro lehké a střední půdy (s předradličkou vhodná pro většinu půd), uspokojivě drobí a mísí skývu, lépe ji obrací než válcová odhrnovačka.
- Pološroubová – vhodná pro orbu středních a těžkých půd, hůře drobí skývu, lépe ji však obrací než kulturní odhrnovačka, a proto má univerzálnější použití.
- Šroubová – vhodná pro orbu těžkých půd a luk, velmi dobře obrací skývu, špatně ji však drobí a mísí.

2.6 Stroje na minimalizační zpracování půdy

Základním strojem v minimalizačním zpracování půdy je kypřič, u kterého mohou být voleny různé pracovní nástroje (dláta, radličky, talíře nebo jejich kombinace) v závislosti na požadovaném stupni zapravení rostlinných zbytků či jejich ponechání na povrchu půdy. Dochází ke kypření půdy do zvolené hloubky, drobení půdy a opětovnému utužení setového lůžka (Hůla, Procházková et al., 2002).

V současnosti se používají především kypřiče s nepoháněnými pracovními nástroji. Kypřiče s pracovními nástroji poháněnými prostřednictvím vývodového hřídele se pouze pro kypření půdy používají velmi omezeně, především z důvodu

vysoké energetické náročnosti a nižší plošné výkonnosti. Významnou roli však hrají ve spojení se secím strojem, kdy jsou součástí tzv. secí kombinace (Kumhála et al., 2007).

2.6.1 Dlátové kypřiče

Dlátové kypřiče jsou používány pro středně hluboké a hluboké kypření půdy do hloubky 25 až 45 cm bez vynášení půdy z hlubších vrstev. Hlavní využití je především pro kypření zhutnělých vrstev půdy, které mohou vznikat v ornici nebo podorniči při víceletém uplatňování pouze mělkého kypření půdy. Při hlubším kypření půdy, které má za cíl narušit zhutnělé vrstvy, je nutné zohlednit vlhkost půdy, jelikož je nutné, aby byla půda v době zásahu drobivá. Pokud vlhkost půdy přesáhne mez plasticity, dochází při zásahu k plastickým deformacím, což může její stav zhoršit – může dojít k poškození struktury i nežádoucímu zhutnění půdy (Křen et al., 2015).

Kypřiče s dláty upevněnými na šikmých slupicích s ostřím prokypřují půdu při minimálním narušení povrchu půdy, rostlinné zbytky pak zůstávají na povrchu půdy a mohou plnit funkci povrchového mulče. Při kypření půdy se nadzvedává celý blok půdy, který se následně rozlomí a drobí. Při tomto prokypření dochází ke zvětšení pórů a lepší infiltraci vody, celkové prokypření je vhodné pro kořenový systém rostlin (Hůla, Procházková et al., 2002).

Směr kypření je určován podle sklonu pozemku. Na svažitéch pozemcích nesmí být prováděno kypření po spádnicí, na rovinatých pozemcích se směr kypření volí ve vztahu k následnému zpracování půdy (Javůrek, Vach, 2008).

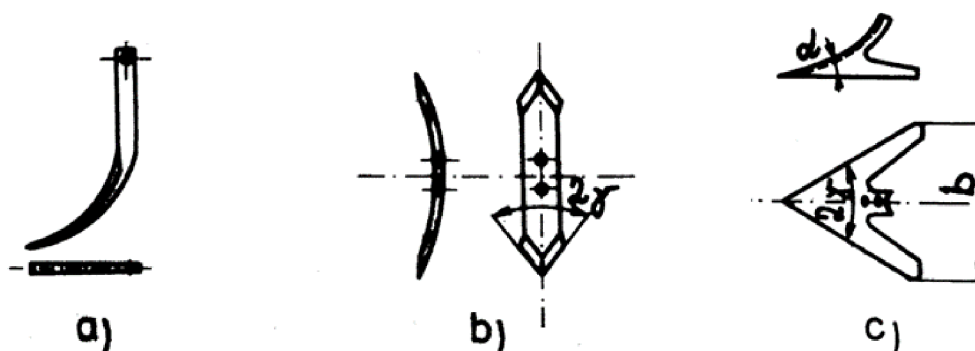
2.6.2 Radličkové kypřiče

Radličkové kypřiče jsou používány pro mělké zpracování půdy do hloubky 6 až 15 cm. Radličky jsou umístěny na kypřiči ve dvou a více řadách, což ovlivňuje výslednou rozteč radliček vůči pracovní šířce stroje. Díky menší rozteči radliček se dosáhne intenzivnějšího promíchání a celoplošného zpracování půdy, na druhou stranu měrný tahový odpor narůstá a je nutné zvolit silnější stroj k tažení. Radličkové kypřiče mohou mít různě řešené pracovní nástroje, přičemž výběrem vhodného pracovního nástroje je možné zvolit intenzitu kypření a mísení půdy s posklizňovými zbytky, záleží, jaký způsob zpracování půdy je preferován. Výsledek zpracování půdy se potom může lišit, a to od zapravení většiny rostlinného materiálu do půdy až po

mělké prokypření půdy s ponecháním veškerých rostlinných zbytků na povrchu půdy jako mulč (Kovaříček et al., 2017).

Rozeznáváme tyto radličky kypřičů (Kumhála et al., 2007):

- Dlátovité radličky (obr. 7 a) – načechrávají půdu bez promísení až do hloubky 25 cm a používají se pro plošnou kultivaci půdy i pro meziřádkovou kultivaci cukrovky. Šířka radličky je přibližně 2 cm a šířka zpracovaného pásu je závislá na zahloubení. Dlátovité radličky nevynáší vlhčí půdní částice z nižších horizontů na povrch, kde se voda snadno vypařuje, a proto šetří půdní vláhu.
- Oboustranné radličky (obr. 7 b) – kypří půdu do hloubky 15 cm, jsou široké 6-8 cm a jsou vybroušené na obou stranách, takže je možné je při otupení otočit. Jsou vhodné pro vytahování kořenového plevelu, ale vytahují spodní vlhkou půdu na povrch, což vede, především v suchých oblastech, ke značným ztrátám půdní vláhy.
- Šípové radličky (obr. 7 c) – kypří půdu do hloubky až 18 cm, jejich konstrukce je masivnější a pro zvýšení kypřicího účinku mají poměrně strmou pracovní plochu. Šípové radličky mají elevační úhel $\alpha = 15$ až 25° , úhel rozevření křídel $2\gamma = 60$ až



80° a záběr radličky se pohybuje v rozmezí $b = 20$ až 30 cm. Menší úhel α je vhodný pro podřezávání plevelu, větší úhel α lépe kypří.

Obr. 7: Radličky kypřičů: a – dlátovitá, b – oboustranná, c – šípová (Kumhála et al., 2007)

V systémech půdoochranného zpracování půdy je výrazným trendem uplatňování šípových plochých podřezávacích radliček, které umožňují docílit rovnoměrné zpracování půdy i při nastavení stroje na velmi malou hloubku kypření (6-8 cm). Pro dodržení požadované hloubky jsou často kypřiče vybaveny nejen válci, ale také větším počtem opěrných kol. Tyto radličkové kypřiče dokáží urovnat půdu, což se příznivě projevuje při víceletém využívání technologií bez orby, ale celoplošně utužují dno pod kypřenou vrstvou půdy a zhoršují vsakování vody (Kovaříček et al., 2017).

2.6.3 Talířové kypřiče

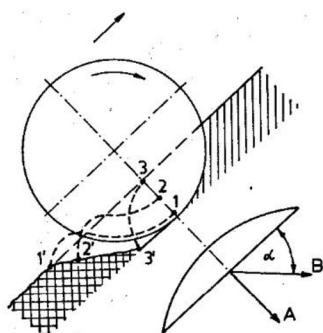
Talířové kypřiče jsou používány pro mělké kypření půdy do maximální hloubky 12 až 15 cm a jejich pracovní záběry jsou v Evropě až 15 m, v severní Americe i přes 20 m. Talířové kypřiče zanechávají hřebenité dno pod zpracovávanou vrstvou, a proto je vhodné při opakovaném kypření změnit směr jízd soupravy šikmo na směr předcházející pracovní operace. Průměr talířů se liší podle požadované hloubky zpracování půdy, nejčastěji však v rozmezí od 40 do 75 cm. Talíře mají různá provedení z hlediska jejich obvodu, kdy mohou být talíře hladké nebo profilované (ozubené, vlnité), jsou obvykle ve dvou řadách a jsou umístěné buď na jedné společné hřídeli pro každou sekci (do tvaru písmene X) nebo jednotlivě každý talíř na samostatné slupici. Při uložení talířů na jedné společné hřídeli lze v určitém rozmezí měnit úhel, který svírá rovina rotace talířů se směrem pohybu soupravy, a tím měnit intenzitu zpracování půdy. Talířové kypřiče s talíři na samostatných slupicích mnohem lépe kopírují nerovnosti pozemku a snadněji překonávají pevné překážky, a proto se v současné době uplatňují výrazně více. Talířové kypřiče jsou většinou vybaveny utužovacími a drobicími válci, takže není třeba zařazovat další stroj pro úpravu povrchu půdy v samostatné operaci (Kovaříček et al., 2017; Mašek, 2010).

Předností talířových kypřičů je vysoká plošná výkonnost ovlivněná poměrně vysokou pojezdovou rychlostí až 14 km.h⁻¹. Nevýhodou je horší vnikání talířových kypřičů do půdy na silně utužených pozemcích nebo za extrémního sucha. Talířové kypřiče jsou schopné ve vyšší míře zapravovat rostlinné zbytky do povrchové vrstvy půdy a promíchávat je se zeminou, proto při půdoochranném zpracování půdy ohrožené vodní a větrnou erozí, kdy je požadavek na ponechání většího podílu rostlinných zbytků na povrchu půdy, je výhodnější použít radličkové kypřiče s plochými podřezávacími radličkami (Kovaříček et al., 2017; Křen et al., 2015).

Talířové kypřiče jsou vhodné v podmínkách s velkým množstvím špatně podrcených rostlinných zbytků, jelikož je dokážou částečně nakrájet. Výhodné jsou také při mělkém kypření, kdy vykazují velmi vysokou kvalitu drobení, nižší nároky na tahový výkon traktoru a nižší provozní náklady na opotřebení talířů oproti radličkám u radličkových kypřičů. Při použití talířových kypřičů pro podmínku po sklizni obilnin, řepky a dalších plodin v letním období je kvalita jejich práce závislá na kvalitě rozmetání posklizňových zbytků po povrchu půdy (především na příčné rovnoměrnosti). Je-li na pozemku nesklizená polehlá sláma, shluky nesebrané slámy

nebo podrcená sláma nerovnoměrně rozložená v pruzích, zhoršuje se kvalita podmínky a následné založení porostu v požadované kvalitě, což komplikuje využívání minimalizačních technologií bez orby (Kovaříček et al., 2017; Mašek, 2010).

Talířové pracovní nástroje

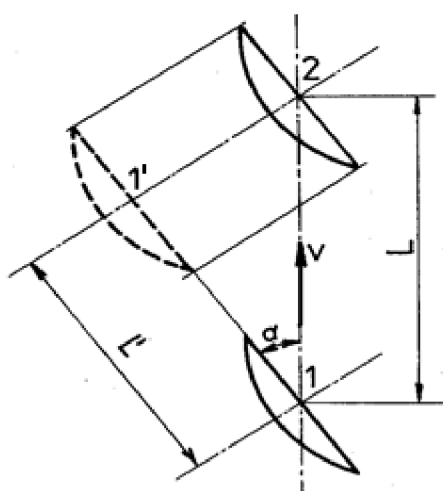


Obr. 8: Schéma práce talíře
(Neubauer et al., 1989)

Pokud je talíř tažen vodorovně ve směru jeho osy (ve směru A, obr. 8), částečně se zahloubí a oddělenou půdu bude před sebou hrnout. Pokud je však vláčen tak, že směr pohybu svírá s rovinou talíře úhel $\alpha < 90^\circ$ (ve směru B), tak se bude talíř vlivem tření o půdu otáčet, odříznutou skývu bude zvedat, drobit, promíchávat a částečně i obracet. Drobící a mísící účinek talíře se vysvětluje tím, že se zvětšující se vzdáleností částice od středu talíře narůstá počáteční rychlost částice.

Například částice (3) na obrázku 8, které byla původně na povrchu půdy je nejbližší ke středu talíře a bude mít nejmenší počáteční rychlost, takže se po projetí talíře dostane nejnižší, a to do polohy (3'). Tam je zasypou částice (2), které mají větší rychlost a dostanou se opět přibližně do střední vrstvy, tj. do polohy (2'). Nakonec částice (1), které jsou nejvzdálenější od středu talíře se pohybují největší počáteční rychlostí, a proto se dostanou na povrch zpracované ornice, tj. do polohy (1') (Neubauer et al., 1989).

Pohyb libovolného bodu talíře nastaveného vzhledem ke směru pohybu pod úhlem



Obr. 9: Schéma pohybu talíře
(Neubauer et al., 1989)

$\alpha < 90^\circ$ (obr. 9) je složený ze dvou jednoduchých pohybů, a to z rotačního pohybu a z pohybu přímočarého posuvného. Dráha každého bodu talíře je tedy eliptická šroubovice. Při pohybu ve směru šipky (obr. 9) se talíř přemístí za určitý časový úsek t ze základní polohy 1 do polohy 2. Je-li pojezdová rychlost v , pak příslušná dráha je (Neubauer et al., 1989):

$$L = v \cdot t \text{ [m]} \quad (2)$$

Kdyby se talíř po určitý čas pouze otáčel, přemístil by se do polohy 1'. Protože je tažen,

přemístí se do polohy 2. Vzdálenost L' je menší než vzdálenost L , talíř se tedy otáčí pomaleji, než odpovídá jeho ujeté dráze, což znamená, že talíř prokluzuje (Kumhála et al., 2007).

Současné stroje s talířovými pracovními nástroji

Současné stroje s talířovými pracovními nástroji prodělaly řadu inovací a konstrukčních změn, přičemž je lze podle způsobu uložení talířů rozdělit na dvě základní skupiny. Do první skupiny patří stroje s talíři uloženými na společné hřídeli, které jsou známé již poměrně dlouhou dobu, mají talíře upevněné na společné hřídeli uložené na koncích v ložiscích a na vývoj a výrobu se zaměřují jen někteří velkovýrobci. Také mají relativně nízkou pořizovací cenu a jednodušší robustní konstrukci. Do druhé skupiny patří stroje se samostatně uloženými talíři, u kterých je každý talíř uložen v ložisku na samostatné slupici (někteří výrobci používají dva talíře na jedné slupici). Díky tomuto uložení vzniká mezi talíři volný pracovní prostor, kudy může zpracovávaná půda a rostlinné zbytky volně procházet a nedochází k jejich ucpávání. Slupice funguje jako kyvné rameno odpružené tvarovou pružinou, vinutou pružinou nebo gumovými bloky a při najetí na překážku umožňuje bezpečné vyklopení talíře. Kvůli individuálnímu uložení talířů je možné talíře uspořádat do řady kolmé na směr jízdy, čímž se podstatně zkrátí délka stroje (Novotný, 2019; Pospíšil, 2020).

V nabídce strojů s talířovými pracovními nástroji jsou například:

Horsch Joker HD: Vyrábí se s pracovním záběrem 5, 6 nebo 7 m a je vhodný pro zpracování půdy až do hloubky 15 cm. Je vybaven dvěma řadami profilovaných (ozubených) talířů o průměru 62 cm a tloušťce 6 mm, které jsou vždy dva na jedné slupici (párové uspořádání) (obr. 10 a), a dvojitým pýchovacím válcem o průměru 55 cm. Ochrana proti kamenům je zajištěna pryžovým uložením slupic (obr. 10 b). Talíře jsou uloženy v bezúdržbových nábojích s trvalou mazací náplní a díky širokému uchycení bez boční poddajnosti udržují stálý řezný úhel 17° (Horsch, 2023).



Obr. 10: a – párové uspořádání talířů, b – pryžové uložení slupic (Horsch, 2023)

Bednar Atlas: Vyrábí se s pracovním záběrem 5 až 12,4 m a je vhodný pro zpracování půdy až do hloubky 16 cm. Je vybaven dvěma řadami profilovaných (ozubených) talířů uspořádaných do „X“ (nedochází k pohybu stroje mimo pracovní stopu traktoru) o průměru 62 cm a tloušťce 6 mm a dvojitým pěchovacím válcem o průměru 63 cm. Rozestup mezi jednotlivými talíři 25 cm zabezpečuje plynulou práci bez ucpávání, a to i v případě vlhkých podmínek a velkého množství rostlinného materiálu na povrchu. Ochrana proti kamenům je zajištěna horizontálním pružinovým jištěním slupic (obr. 11 a). Každý talíř je uložen na jedné slupici pomocí bezúdržbového náboje s kuličkovým ložiskem s doživotní náplní (obr. 11 b). Přední talíře mají řezný úhel 18° a zadní talíře 15° (Bednar, 2023).



Obr. 11: a – pružinové jištění slupice s talířem, b – náboj s kuličkovým ložiskem (Bednar, 2023)

Farmet Softer PRO (obr. 12): Vyrábí se s pracovním záběrem 10,25 až 12,25 m a je vhodný pro zpracování půdy až do hloubky 12 cm. Je vybaven dvěma řadami profilovaných (ozubených) talířů o průměru 51 cm a pěchovacím válcem o průměru 58 cm. Rozestup mezi jednotlivými talíři 24 cm zajišťuje dobrou průchodnost rostlinných zbytků. Ochrana proti kamenům je zajištěna pryžovým uložením slupic.

Talíře jsou individuálně uložené v bezúdržbových nábojích bez nutnosti domazávání (Farmet, 2023).



Obr. 12: Talířový podmítač Softer 1050 PRO (Farmet, 2023)

Kvalita práce strojů s talířovými pracovními nástroji

U kvality práce strojů s talířovými pracovními nástroji se hodnotí drsnost povrchu, hrudovitost povrchu, pokryvnost rostlinnými zbytky, profil dna, hloubka zpracování půdy, a další. Tyto parametry ovlivňují jak erozi půdy, tak růst následné plodiny a jsou důležité pro výběr vhodného stroje a metody zpracování půdy na základě specifických agronomických potřeb (Fanigliulo et al., 2020).

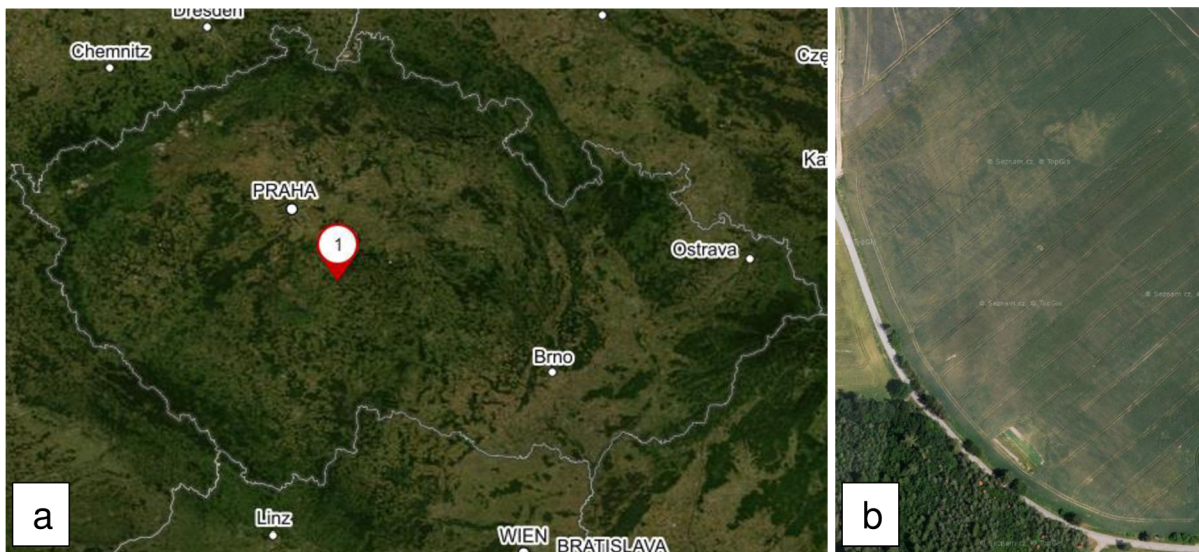
3 Cíl práce

Cílem práce bude hodnocení kvality práce vybraných talířových nástrojů pro zpracování půdy. Hodnocenými parametry pro posouzení kvality práce bude hřebenitost dna, drsnost zpracovaného povrchu a pokrývnost povrchu rostlinnými zbytky.

4 Metodika práce

4.1 Charakteristika pozemku a podmínky při měření

Pozemek, na kterém probíhalo měření s talířovými kypřiči Lemken Rubin 9 a Horsch Joker 6 RT se nachází nedaleko obce Nesperská Lhota u Vlašimi (okr. Benešov) a je na obrázku 13. Pozemek je v nadmořské výšce 420 metrů nad mořem a půdní typ je zde písčitohlinitá kambizem. Data byla sbírána již v průběhu roku 2021.



Obr. 13: Lokace (a) a satelitní snímek (b) pokusného pozemku (mapy.cz)

Měření probíhalo dne 26.7. 2021 na pozemku po sklizni ozimého ječmene, který byl sklizen sklízecí mlátičkou, avšak z důvodu značně polehlého porostu nebylo možné zanechat porost ve stejné délce a na pozemku tedy zůstala i místa s vysokým strništěm. Sláma a plevy ozimého ječmene byly při sklizni rozmetány po povrchu půdy. U obou talířových kypřičů byla pojezdová rychlost $13 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a nastavená hloubka zpracování půdy 10 cm.

4.2 Mechanizace použitá k měření

Zetor 16245

Jako tažný prostředek obou talířových kypřičů byl použit kolový traktor Zetor 16245 s šestiválcovým motorem o zdvihovém objemu 6842 cm^3 , jmenovitém výkonu 118 kW a maximálním točivém momentu 583 Nm. Hmotnost traktoru je 5216 kg.

Lemken Rubin 9

Polonesený talířový kypřič Lemken Rubin 9 (obr. 14) s pracovním záběrem 5 m má celkem 40 profilovaných (ozubených) talířů ve dvou řadách o průměru 61 cm a tloušťce 6 mm, které zaručí intenzivní promíchání půdy a rostlinného materiálu i za těžkých podmínek až do hloubky 12 cm. Každý talíř je umístěn na samostatné slupici v bezúdržbovém axiálním kuličkovém ložisku, čímž se dosáhne dobrého kopírování půdy. Talíře mají řezný úhel 15° a jsou jištěny proti přetížení pomocí vinutých pružin, díky čemuž stroj pracuje dobře i v horších podmínkách s výskytem kamenů. Kypřič byl také vybaven prutovými usměrňovači a dvojitým prutovým válcem.



Obr. 14: Talířový kypřič Lemken Rubin 9 (www.farmweb.cz/index.php?page=view_gallery&gal=61466)

Horsch Joker 6 RT

Polonesený talířový kypřič Horsch Joker 6 RT (obr. 15) s pracovním záběrem 6 m má celkem 48 profilovaných (ozubených) talířů ve dvou řadách o průměru 46 cm a tloušťce 6 mm, které zaručí kvalitní práci až do hloubky 12 cm. Talíře jsou uloženy v bezúdržbových nábojích a jsou umístěny vždy dva na jedné slupici (párové uspořádání), díky čemuž dosahují vysoké průchodnosti. Talíře mají řezný úhel 17° a jsou jištěny proti přetížení pomocí pryžového uložení slupic, což zaručuje efektivní ochranu proti kamenům a dobrou přizpůsobivost povrchu. Kypřič byl také vybaven pěchem RollFlex, který je vhodný pro optimální utužení lehké až střední půdy.



Obr. 15: Talířový kypřič Horsch Joker 6 RT (www.farmweb.cz/index.php?page=view_gallery&gal=57916)

4.3 Postup měření

4.3.1 Odběr neporušených půdních vzorků

K určení základních fyzikálních vlastností půdy byly odebrány neporušené půdní vzorky do Kopeckého válečků (obr. 16) o objemu 100 cm^3 . Půda by v místě odběru měla být v přirozeném stavu, tj. nepošlapaná, aby nebyla ovlivněna objemová hmotnost půdy. Před samotným odběrem vzorků byly z daného povrchu odstraněny posklizňové zbytky. Vzorky byly odebrány ve třech hloubkách: 5-10, 10-15 a 15-20 cm. Aby nedocházelo k ovlivnění hodnot výparem, byl každý váleček s odebraným vzorkem půdy po odběru zavíčkovaný. Po skončení měření byly válečky vyhodnoceny v laboratoři katedry zemědělských strojů na ČZU (Pospíšilová et al., 2016).



Obr. 16: Sada pro odběr neporušených půdních vzorků
(hydropedologie.agrobiologie.cz/images/neporuseny.html)

Postup práce s neporušenými půdními vzorky v laboratoři

- Ze zavíčkovaného válečku sundáme víčko a na spodní stranu přiložíme filtrační papír a hodinové sklo o známé hmotnosti (G_S). Zvážením válečku s filtračním papírem a hodinovým sklem se zjistí okamžitá hmotnost válečku (G_A), ze které se vypočítá momentální vlhkost vzorku (θ_{mom}).
- Váleček se nechá sytit vodou pomocí kapilárních sil přes 4 vrstvy filtračního papíru. Na vrch válečku se položí hodinové sklo a vzorek se nechá sytit do doby, než se začne na povrchu vzorku lesknout voda (2-3 dny). Nasycený vzorek se položí na hodinové sklo a zjistí se hmotnost (G_B).
- Váleček položený na hodinovém skle se suší při 105 °C až do konstantní hmotnosti a po vychladnutí se zjistí hmotnost (G_F), která slouží ke zjištění hmotnosti sušiny (G_H).
- Do varné misky navážíme 10 g sušiny (N_S), kterou zalijeme destilovanou vodou a vaříme po dobu 3-10 minut, čímž vypudíme vzduch. Pyknometr naplníme destilovanou vodou a necháme ho temperovat 20 min. ve vodní lázni (20 °C)

a zvážíme ho (P_V). Následně vylijeme destilovanou vodu a místo ní vlijeme do pyknometru vychladlou suspenzi, kterou necháme 20 min. temperovat (20 °C) a poté pyknometr se suspenzí zvážíme (P_S) (Kameníčková, 2013).

Kvůli zjištění půdních podmínek v době měření byly určeny tyto vlastnosti:

$$\text{Momentální (okamžitá) vlhkost } \theta_{mom} = G_A - G_F [\% \text{ obj.}] \quad (3)$$

$$\text{Hmotnost sušiny (po vysušení při 105 °C) } G_H = G_F - (G_V + G_S) [\text{g}] \quad (4)$$

$$\text{Objemová hmotnost půdy } \rho_d = G_H / V_S [\text{g.cm}^{-3}] \quad (5)$$

$$\text{Zdánlivá hustota půdních částic (spec. hmot.) } \rho_s = N_S / (N_S + P_V - P_S) [\text{g.cm}^{-3}] \quad (6)$$

$$\text{Pórovitost } P = (\rho_s - \rho_d) \cdot 100 / \rho_s [\% \text{ obj.}] \quad (7)$$

$$\text{Provzdušenost } V_Z = P - \theta_{mom} [\% \text{ obj.}] \quad (8)$$

$$\text{Relativní vlhkost } \theta_{rel} = \theta_{mom} / P [\%] \quad (9)$$

kde: G_A – vzorek s přirozenou vlhkostí,

G_F – vzorek vysušený při 105 °C,

G_V – hmotnost fyzikálního válečku,

G_S – hmotnost hodinového skla,

V_S – objem fyzikálního válečku,

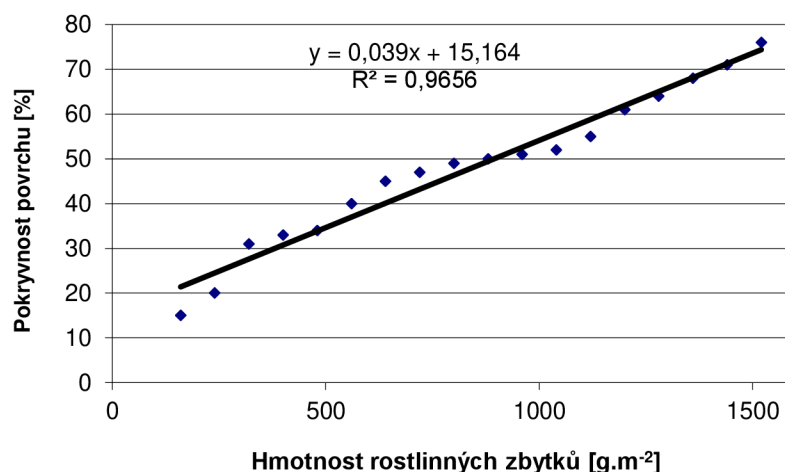
N_S – navážka pro stanovení zdánlivé hustoty půdních částic,

P_V – hmotnost pyknometru s vodou,

P_S – hmotnost pyknometru se zeminou (Kameníčková, 2013).

4.3.2 Hodnocení pokryvnosti posklizňovými zbytky

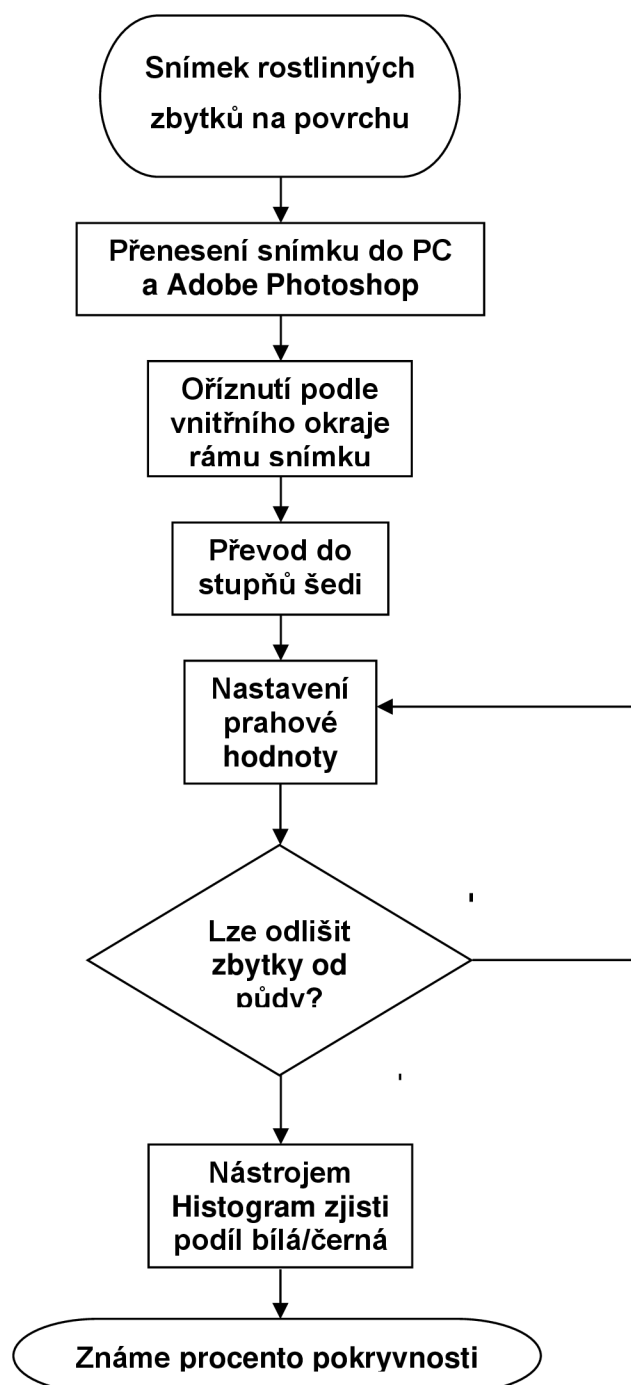
Hodnocení pokryvnosti povrchu půdy rostlinnými zbytky bylo hodnoceno pomocí analýzy obrazu povrchu pořízeného mobilním telefonem. Pořizovat fotografie je vhodné, pokud možno, kolmo na povrch pozemku, aby nedocházelo ke zkreslení. Nejprve byl v laboratorních podmínkách nasimulován porovnávací etalon, kterým byla prokázána lineární závislost hmotnosti rostlinných zbytků a procenta pokryvnosti povrchu (obr. 17).



Obr. 17: Závislost pokryvnosti povrchu na hmotnosti rostlinných zbytků (Autor)

Stanovení etalonu pokryvnosti bylo provedeno v laboratorních podmínkách. Pro hodnocení byla vytvořena zkušební plocha o velikosti 0,25 m² s tmavým podkladem. Tmavý podklad je důležitý z hlediska vlastního zpracování obrazu pomocí počítačového programu Adobe Photoshop. Je velice důležité využít co největšího kontrastu mezi zkoumaným vzorkem rostlinných zbytků (slámy) a podkladní plochou. Pokud je barva a kontrast podkladu i zkoumaného vzorku podobná, dochází k výraznému zkreslení při vlastním vyhodnocení, které je časově náročnější a složitější na pracnost.

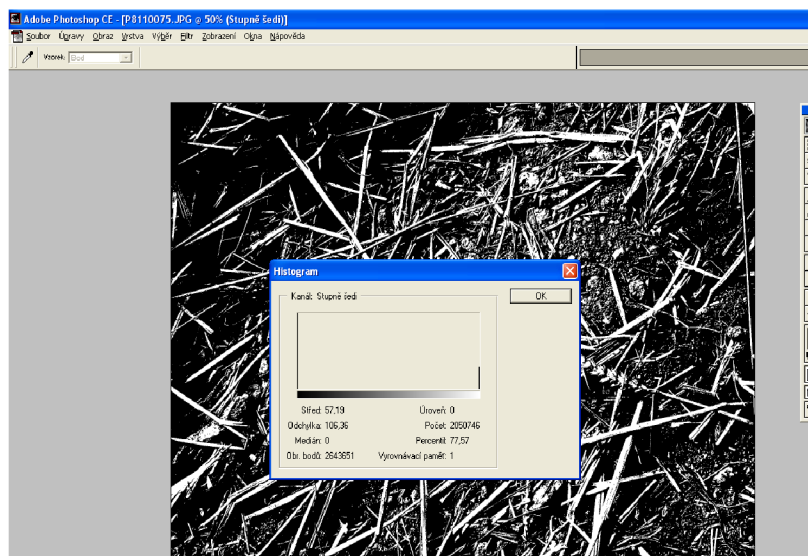
Na vyznačenou plochu se vždy rovnoměrně rozmístily rostlinné zbytky o známé hmotnosti a pořídila se fotografie takto pokryté plochy. Postupně se zvyšovala navážka hmotnosti zbytků, až bylo dosaženo 100% pokryvnosti. Z důvodu statistického zpracování byla provedena 4 opakování měření. Po vyfotografování povrchů byly snímky přeneseny do počítače a zpracovány dle algoritmu na obrázku 18.



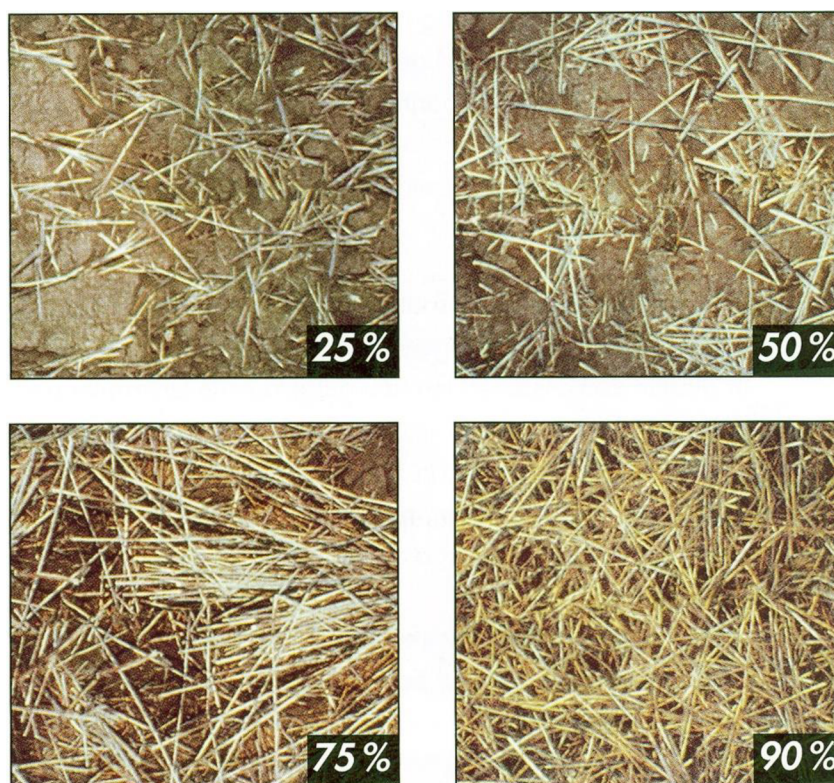
Obr. 18: Algoritmus pro vyhodnocení pokryvnosti pomocí nástrojů programu Photoshop (Autor)

V programu Photoshop lze po poměrně jednoduché proceduře, která se po zpracování několika snímků stává zcela rutinní záležitostí, určit přímo procento pokryvnosti rostlinnými zbytky povrchu zkoumané plochy. Při zpracování je nutné převést barevný obrázek do stupňů šedi a pomocí nástroje PRÁH a HISTOGRAM určit hledané procento pokryvnosti (obr. 19). Při tomto kroku se ukáže, že volba tmavého podkladu (větší kontrast) je velice pro přesné určení důležitá. Zjednodušuje vlastní vyhodnocení.

Po vyhodnocení se jednotlivé zjištěné pokryvnosti přiřadí ke známým hmotnostem rostlinných zbytků a lze určit závislost pokryvnosti povrchu na hmotnosti posklizňových (rostlinných) zbytků (obr. 20).



Obr. 19: Odečet procenta pokryvnosti při použití nástroje Histogram (Autor)



Obr. 20: Pokryvnost půdy rostlinnými zbytky (Autor)

4.3.3 Drsnost zpracovaného povrchu

Amoah et al. (2012) definuje drsnost povrchu půdy jako odchylku povrchu půdy způsobenou faktory, jako je struktura půdy, velikost půdních částic, výskyt kamenů, pokryvnost půdy rostlinnými zbytky nebo systém zpracování půdy.

Drsnost zpracovávaného povrchu byla měřena řetězovou metodou, přičemž byl použit 1,4 m dlouhý válečkový řetěz z jízdního kola. Po přejezdu kypřiče byl vždy v náhodně zvoleném místě položen válečkový řetěz tak, aby co nejlépe kopíroval povrch půdy a následně byla změřena vzdálenost mezi začátkem a koncem řetězu (obr. 18), která je kvůli drsnosti povrchu půdy menší než délka nataženého řetězu. Výsledná drsnost zpracovávaného povrchu D je poté vypočítána podle vzorce:

$$D = A \cdot \left(\frac{L-L_0}{L_0}\right)^2 + B \cdot \frac{L-L_0}{L_0} + C \text{ [mm]} \quad (10)$$

kde: $A = -29,37$

$B = 35,79$

$C = 0,75$

$L = 1400 \text{ mm}$ – celková délka řetězu

L_0 – vzdálenost konců řetězu na povrchu půdy (Klik et al., 2002).



Obr. 21: Zjišťování délky řetězu pro výpočet drsnosti (Autor)

4.3.4 Měření hřebenitosti dna

Měření proběhlo po odkrytí vrstvy zpracovávané půdy změřením vzdálenosti od dna brázdy v kolmém směru vzhledem k vodorovné rovině spodní hrany latě (obr. 17),

kteřá byla položena na povrchu půdy tak, aby nedocházelo k průhybu latě, což by ovlivňovalo měření.

Hodnoty byly změřené od vodorovné latě v intervalech po 2,5 cm pomocí svinovacího metru. Povrch půdy určuje základní rovinu s výškou 0 a změřené vzdálenosti od povrchu půdy ke dnu profilu jsou tedy vždy buď záporné, nebo nulové. Naměřené hodnoty byly poté vyhodnoceny pomocí grafů.



Obr. 22: Měření profilu dna pomocí latě rozměřené po 2,5 cm (Autor)

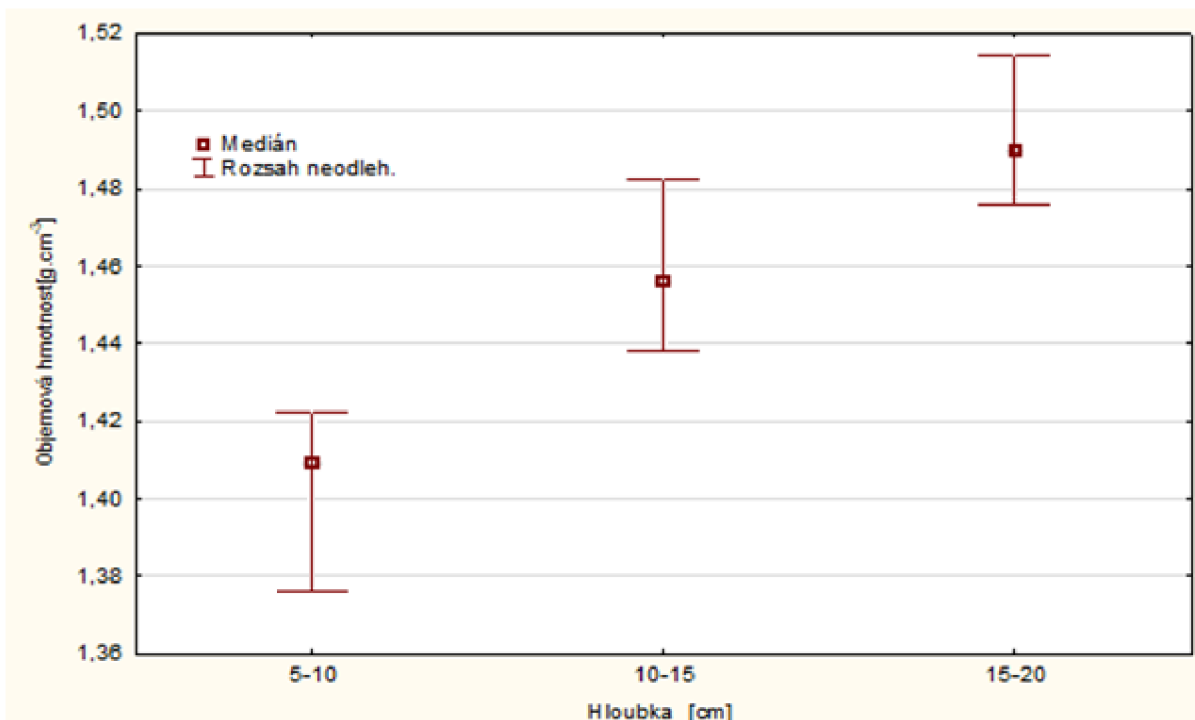
5 Naměřené výsledky

Měření obou talířových kypřičů proběhlo 26.7. 2021 za shodných půdních i klimatických podmínek. Naměřené hodnoty byly zpracovány v programu MS Excel, obrazová analýza byla provedena v programu Adobe Photoshop a pro statistické zpracování byl použit program Statistica 13, konkrétně krabicový graf a ANOVA s následným Tukeyovým HSD testem, přičemž výsledky jsou prezentovány v pořadí, ve kterém byly naměřeny.

Krabicový graf podává vizuální informace o maximálních a minimálních hodnotách v souboru (horizontální úsečky), mediánu (čtvereček uprostřed), horním a dolním kvartilu (horní a dolní strana obdélníku – krabice). ANOVA (analýza rozptylu) je statistická metoda pro porovnání rozptylu více než dvou výběrů, přičemž výsledkem je přijetí nebo zamítnutí hypotézy, že dané výběry jsou stejné (na dané hladině významnosti α). Při zamítnutí hypotézy se dále použije Tukeyův HSD test, pomocí kterého zjistíme, jaké výběry se statisticky liší (Kába, Svatošová, 1998).

5.1 Fyzikální vlastnosti půdy

Z neporušených půdních vzorků odebraných pomocí Kopeckého válečků v předem určených hloubkách byla vypočtena objemová hmotnost půdy (obr. 23). Z obrázku 23 je patrné, že objemová hmotnost půdy má tendenci narůstat se zvyšující se hloubkou odběru, avšak je menší než kritické hodnoty zhutnělé půdy, které uvádí Lhotský (2000) pro písčitohlinité půdy ($> 1,55 \text{ g.cm}^{-3}$). Předcházející plodiny ovlivňují výsledky, ty nicméně představují typické hodnoty pro dané půdní podmínky (oblast a půdní typ- písčitohlinitá kambizem) a neukazují žádná zásadní pochybení ve zpracování půdy, která by vedla např. k výskytu zhutnělých vrstev.



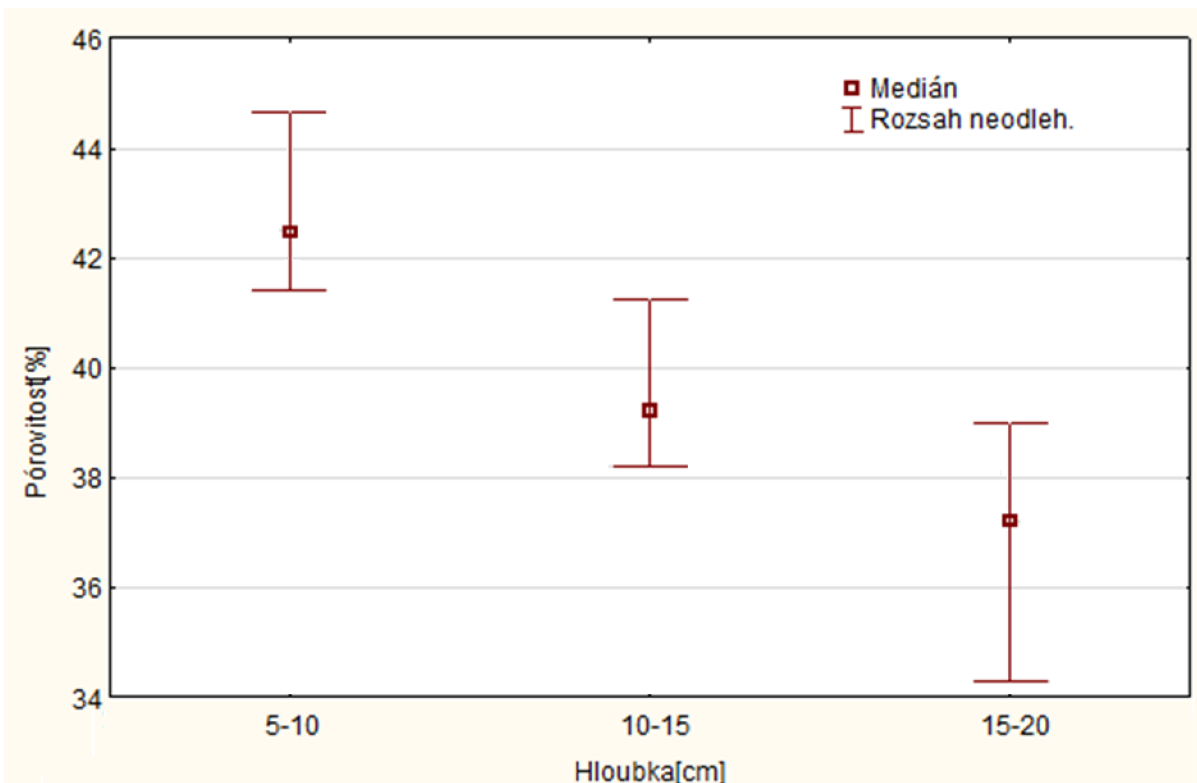
Obr. 23: Krabicový graf objemové hmotnosti v závislosti na hloubce

Vypočtené hodnoty objemové hmotnosti byly statisticky hodnoceny pomocí nástroje ANOVA, konkrétně Tukeyova HSD testu, v programu Statistica 13. Výsledky Tukeyova HSD testu v tabulce 2 prokázaly statisticky významný rozdíl na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ mezi hodnotami v hloubce 5-10 cm a 10-15 cm.

Tab. 2 Výsledky Tukeyova HSD testu významnosti rozdílů objemové hmotnosti

| Č. buňky | Tukeyův HSD test; proměnná obj. hmotnost | | | |
|----------|--|---------|---------|---------|
| | Hloubka [cm] | {1} | {2} | {3} |
| | | 1,4200 | 1,4800 | 1,4926 |
| 1 | 5-10 | | 0,07385 | 0,01436 |
| 2 | 10-15 | 0,07385 | | 0,36253 |
| 3 | 15-20 | 0,01436 | 0,36253 | |

Dále byla vypočítána pórovitost (obr. 24), která je důležitá pro rozvoj organismů a rozvoj kořenového systému rostlin. Pórovitost kolem 40 % vypovídá o dobrém stavu půdy a vhodném zpracování společně s vhodnými plodinami. Z naměřených hodnot lze také odvodit téměř lineární trend poklesu pórovitosti vzhledem k hloubce odběru.



Obr. 24: Krabicový graf pórovitosti v závislosti na hloubce

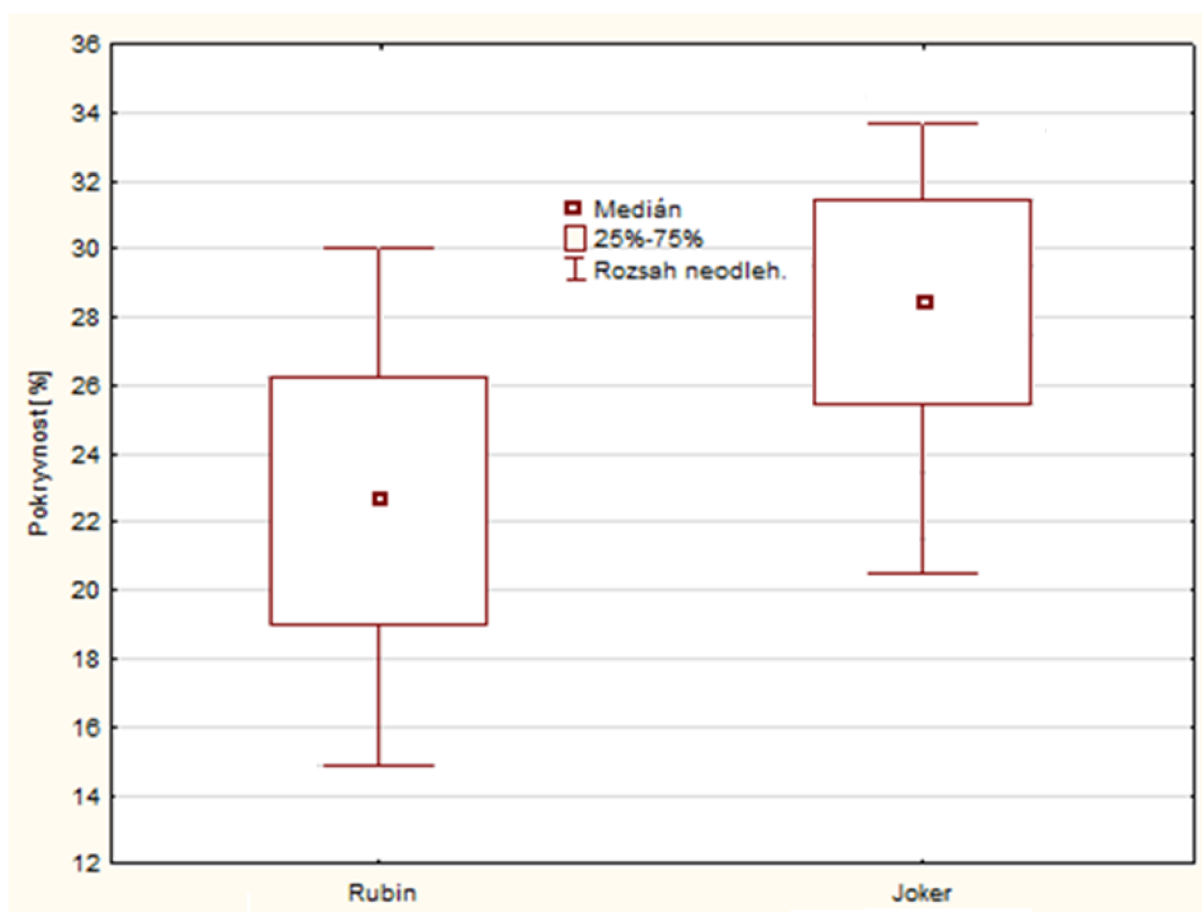
Vypočtené hodnoty pórovitosti byly statisticky hodnoceny pomocí nástroje ANOVA, konkrétně Tukeyova HSD testu, v programu Statistica 13. Z obrázku 24 je rovněž patrné, že hodnoty pórovitosti mají tendenci klesat se zvyšující se hloubkou odběru, nicméně výsledky Tukeyova HSD testu v tabulce 3 neprokázaly statisticky významný rozdíl na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ mezi jednotlivými hloubkami, což dokazuje, že vliv hloubky odběru na hodnoty pórovitosti není silný.

Tab. 3 Výsledky Tukeyova HSD testu významnosti rozdílů pórovitosti

| Č. buňky | Tukeyův HSD test; proměnná pórovitost | | | |
|----------|---------------------------------------|----------|----------|----------|
| | Hloubka [cm] | {1} | {2} | {3} |
| | | 42,526 | 38,251 | 35,892 |
| 1 | 5-10 | | 0,420192 | 0,049853 |
| 2 | 10-15 | 0,420192 | | 0,352979 |
| 3 | 15-20 | 0,049853 | 0,352979 | |

5.2 Pokryvnost povrchu posklizňovými zbytky

Pokryvnost povrchu posklizňovými zbytky (obr. 25) měla jak u talířového kypřiče Lemken Rubin 9, tak u talířového kypřiče Horsch Joker 6 RT velkou variabilitu hodnot, což bylo způsobeno pravděpodobně nestejným stavem porostu předplodiny. Dále je také patrný rozdíl v pokryvnosti obou kypřičů, který však není statistický významný a byl způsoben především nestejnou kvalitou zpracování půdy, kvůli odlišné konstrukci kypřičů a geometrii talířů.



Obr. 25: Krabicový graf pokryvnosti posklizňovými zbytky v závislosti na použitém kypřiči

Při pokryvnosti povrchu, která přesahuje 30 % je zpracování půdy považováno jako půdoochranné, ale střední hodnoty pokryvnosti u obou talířových kypřičů byly méně než 30 %, což je pod spodní hranicí půdoochranného zpracování půdy. U kypřiče Lemken Rubin 9, který zanechal méně nezpracovaného povrchu a intenzivněji mísil půdu s posklizňovými zbytky, byla tedy výsledná pokryvnost nižší než u kypřiče Horsch Joker 6 RT, u kterého zůstala velká část povrchu úplně nezpracovaná, kvůli čemuž zůstala zejména v talíři nezpracovaných místech značná část posklizňových zbytků na povrchu.

5.3 Drsnost povrchu

Drsnost zpracovaného povrchu byla měřena řetězovou metodou. Naměřené hodnoty délky válečkového řetězu pro výpočet drsnosti povrchu jsou v tabulce 4.

Tab. 4 Naměřené délky řetězu v cm

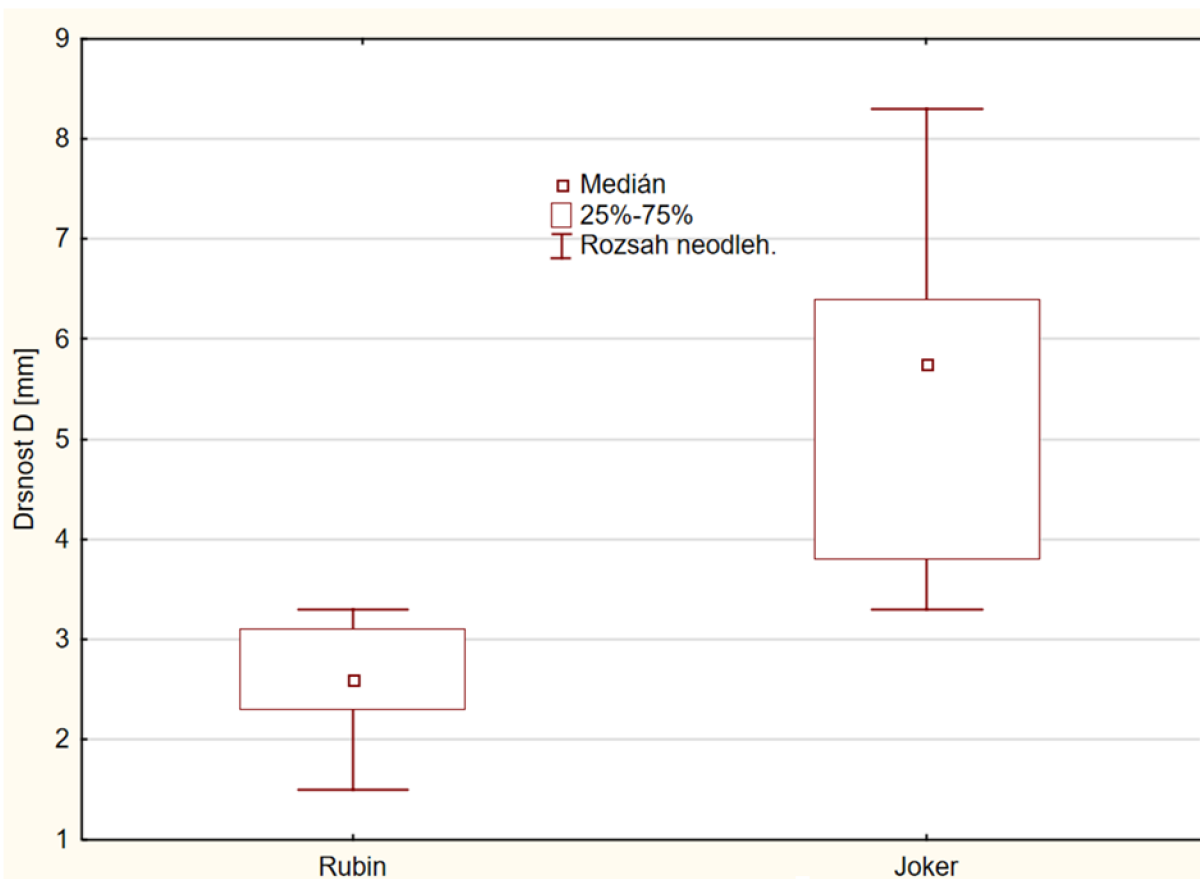
| Číslo měření | Lemken Rubin 9 | Horsch Joker 6 RT |
|---------------|----------------|-------------------|
| 1 | 131 | 112 |
| 2 | 134 | 123 |
| 3 | 132 | 119 |
| 4 | 136 | 110 |
| 5 | 132 | 118 |
| 6 | 130 | 130 |
| 7 | 137 | 127 |
| 8 | 131 | 117 |
| 9 | 134 | 129 |
| 10 | 132 | 113 |
| Průměr | 132,9 | 119,8 |

Naměřené hodnoty délky válečkového řetězu byly následně přepočteny v MS Excel podle vztahu (10) a vypočtené hodnoty drsnosti povrchu udává tabulka 5.

Tab. 5 Drsnost povrchu v mm

| Číslo měření | Lemken Rubin 9 | Horsch Joker 6 RT |
|---------------|----------------|-------------------|
| 1 | 3,1 | 7,8 |
| 2 | 2,3 | 5,1 |
| 3 | 2,8 | 6,1 |
| 4 | 1,8 | 8,3 |
| 5 | 2,8 | 6,4 |
| 6 | 3,3 | 3,3 |
| 7 | 1,5 | 4,1 |
| 8 | 3,1 | 6,6 |
| 9 | 2,3 | 3,6 |
| 10 | 2,8 | 7,6 |
| Průměr | 2,58 | 5,9 |

Drsnost povrchu (obr. 26) se jak u talířového kypřiče Lemken Rubin 9, tak u talířového kypřiče Horsch Joker 6 RT pohybovala výrazně pod 10 mm, což značí nízkou hrudovitost. Takto nízká hrudovitost povrchu je ideální pro založení porostu a klíčení plevelů, výdrolu nebo semen rostlin zeleného hnojení by nemělo být výrazně negativně ovlivněno. Z obrázku 26 je také patrný vysoký rozptyl hodnot drsnosti u talířového kypřiče Horsch Joker 6 RT.



Obr. 26: Krabicový graf drsnosti v závislosti na použitém kypřiči

Talířový kypřič Horsch Joker 6 RT s pěchem Rollflex zanechával výrazně vyšší drsnost půdy oproti talířovému kypřiči Lemken Rubin 9. To je pravděpodobně způsobeno dvojitým drobicím válcem, prutovými usměřovači a také geometrií talířů kypřiče Lemken Rubin 9. Z měření také plyne, že největší vliv na výslednou drsnost povrchu měl použitý válec jednotlivých strojů, který dotvářel konečný povrch půdy.

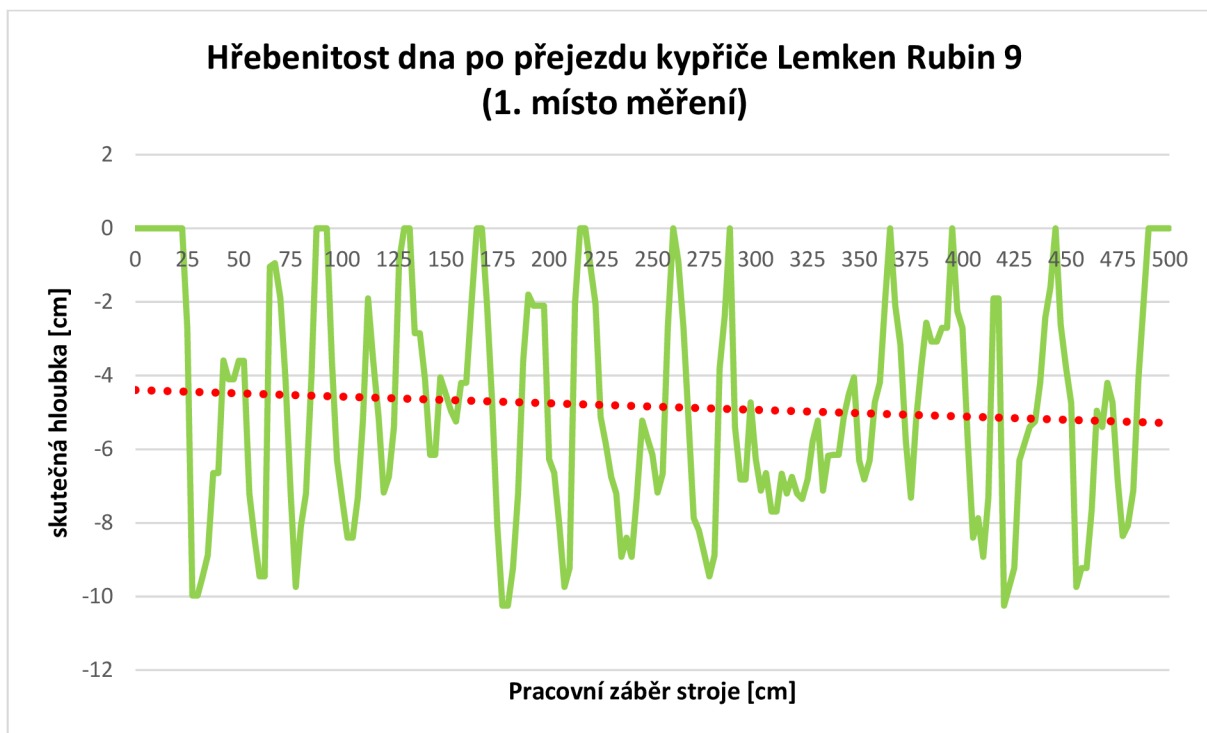
5.4 Hřebenitost dna

5.4.1 Lemken Rubin 9

Hřebenitost dna talířového kypřiče Lemken Rubin 9 byla sledována v celém záběru stroje.

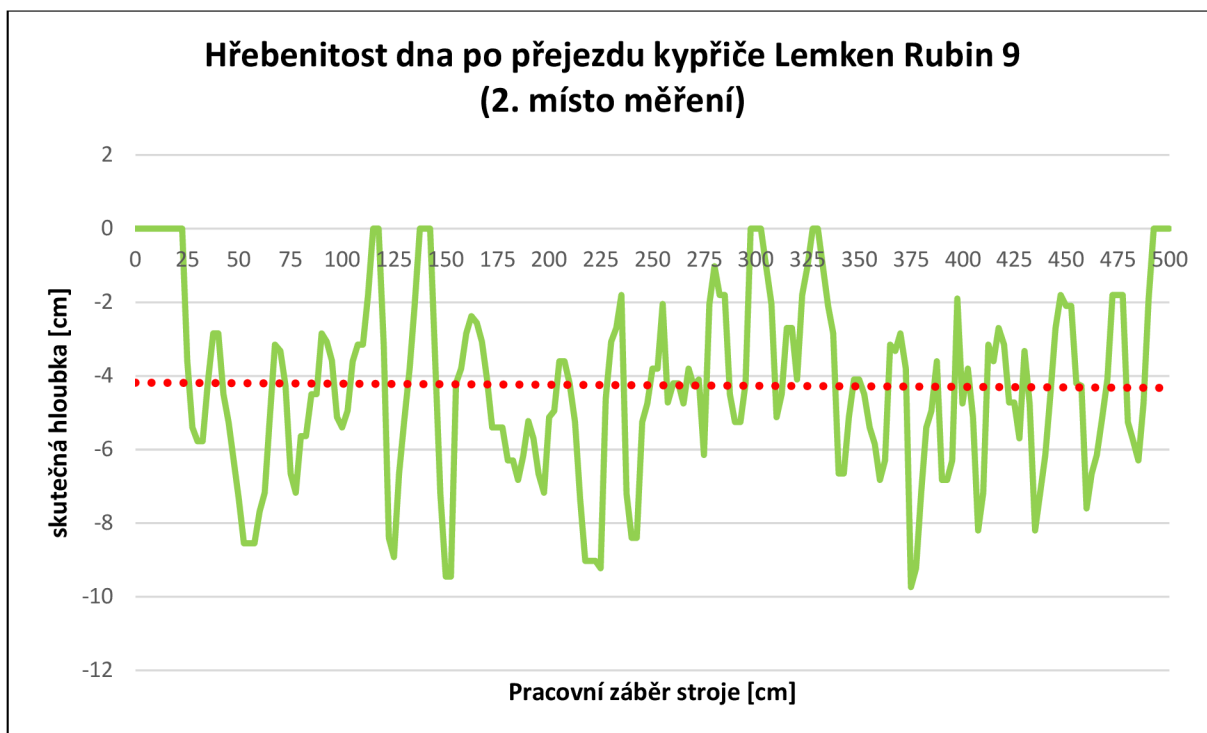
Z naměřených hodnot po přejezdu talířového kypřiče Lemken Rubin 9 na obrázku 27 je patrné, že stroj vytvářel hřebenité dno, a proto skutečná pracovní hloubka zpracování půdy ve vybraném záběru kolísala a dosahovala menších hodnot, než teoreticky nastavená hloubka 10 cm, průměrná hloubka zpracování se pohybovala

mezi 4 až 5,5 cm. Kvůli velkému místnímu utužení je méně než polovina záběru zpracována v menší hloubce.



Obr. 27: Hřebenitost dna po přejezdu kypřiče Lemken Rubin 9 (1. místo měření)

Z druhého přejezdu talířového kypřiče Lemken Rubin 9 na obrázku 28 je opět patrné, že stroj vytvářel hřebenité dno, a proto skutečná pracovní hloubka zpracování půdy ve vybraném záběru kolísala a v dosahovala menších hodnot, než teoreticky nastavená hloubka 10 cm, avšak oproti prvnímu přejezdu jsou znatelné stopy kol tažného prostředku, která způsobila utužením půdy místní nárůst odporu půdy, kvůli kterému zafungovala ochrana proti přetížení a došlo k vyhloubení jednotlivých talířů nacházejících se v utužené stopě po kolách. Průměrná hloubka zpracování se pohybovala lehce přes 4 cm.

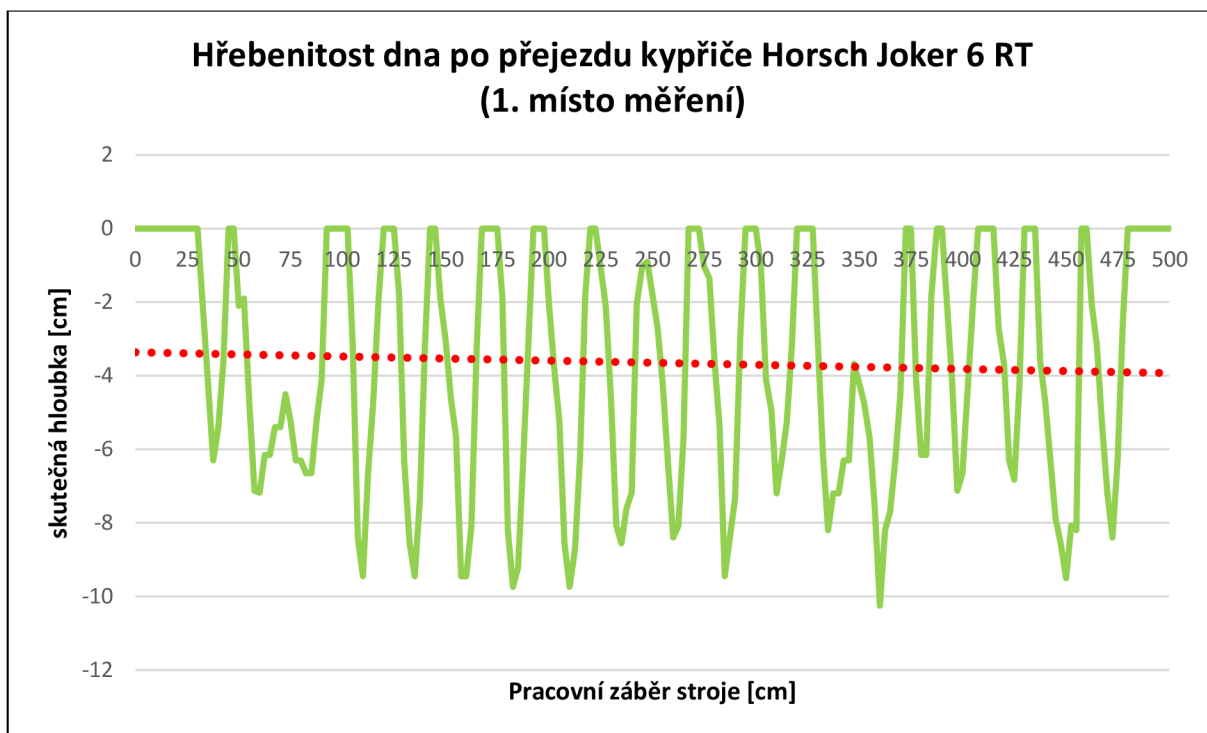


Obr. 28: Hřebenitost dna po přejezdu kypřiče Lemken Rubin 9 (2. místo měření)

5.4.2 Horsch Joker 6 RT

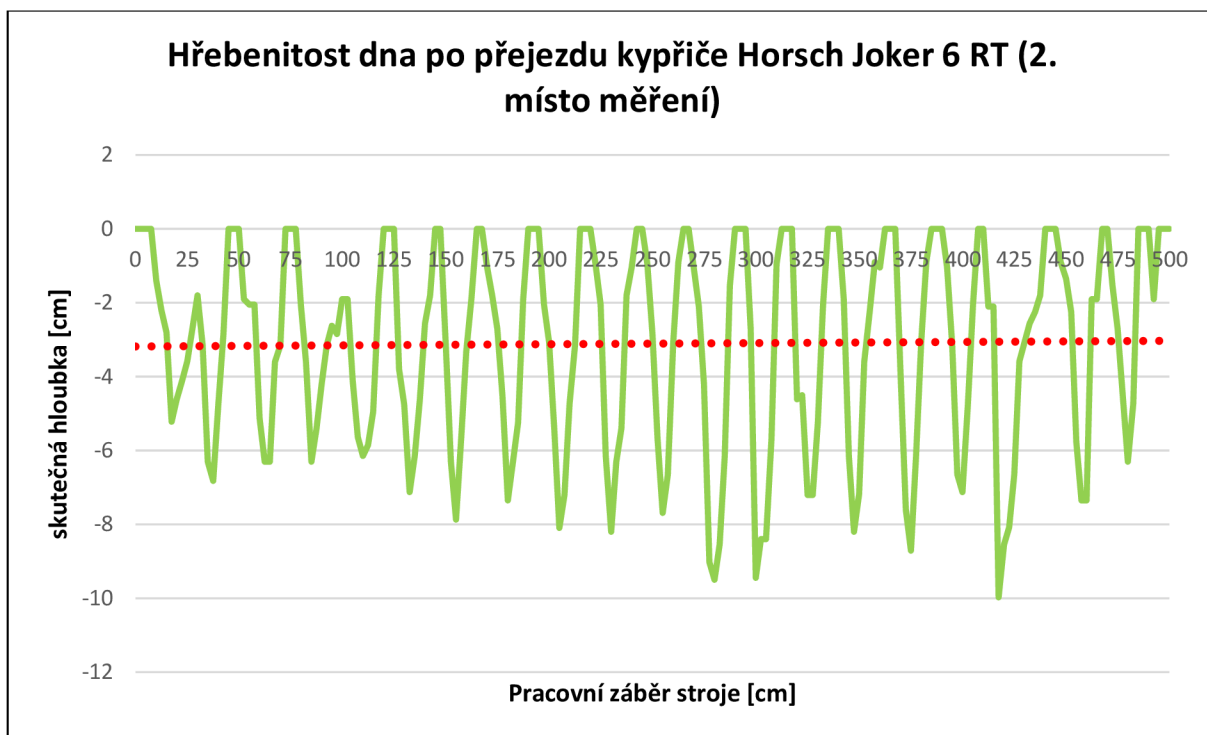
Profil dna talířového kypřiče Horsch Joker 6 RT nebyl sledován v celém záběru stroje, ale byla vybraná pouze vnitřní část záběru o velikosti 5 m tak, aby nedocházelo k ovlivňování měření okrajovým efektem.

Z naměřených hodnot po přejezdu talířového kypřiče Horsch Joker 6 RT na obrázku 29 je patrné, že stroj vytvářel hřebenité dno, a proto skutečná pracovní hloubka zpracování půdy ve vybraném záběru kolísala a dosahovala menších hodnot, než teoreticky nastavená hloubka 10 cm. Zpracování půdy do menší hloubky na okraji pracovního záběru mohlo být způsobeno najetím opěrného kola stroje na vyvýšenou část pozemku. Z obrázku 29 je také možnost vidět, že velká část povrchu nebyla vůbec zpracována, což je přisuzováno především geometrii talířů. Průměrná hloubka zpracování se pohybovala mezi 3,5 až 4 cm. Oproti kypřiči Lemken Rubin 9 pracoval rovnaněji, ale nezpracovaná část pozemku byla výrazně větší.



Obr. 29: Hřebenitost dna po přejezdu kypřiče Horsch Joker 6 RT (1. místo měření)

Z naměřených hodnot druhého přejezdu talířového kypřiče Horsch Joker 6 RT na obrázku 30 je opět patrné, že stroj vytvářel hřebenité dno, a proto skutečná pracovní hloubka zpracování půdy ve vybraném záběru kolísala a dosahovala menších hodnot, než teoreticky nastavená hloubka 10 cm. Výsledný profil dna byl poměrně vyrovnaný, avšak opět se zde nacházela značná část zcela nezpracovaného povrchu. Průměrná hloubka zpracování se pohybovala mezi 3 až 3,5 cm.



Obr. 30: Hřebenitost dna po přejezdu kypřiče Horsch Joker 6 RT (2. místo měření)

Z naměřených hodnot a výsledků plyne, že za podmínek, při kterých probíhalo měření, nedokáže takto konstruovaný stroj včetně geometrie talířů pozemek vhodně zpracovat, na druhou stranu je však nutné doplnit, že daná konstrukce výrazně snižuje tahový odpor stroje. Dále je patrné, že po přejezdu tohoto stroje není výsledkem rovnoměrné set'ové lůžko, ale spíše velmi mělká podmítka, která přeruší kapilární cesty a uspíší klíčení plevelů převážně ve zpracované části půdy. Také značné nerovnosti způsobí pravděpodobně rozdíly ve vzlínání vody a následném vzcházení plodin. Tento kypřič je vhodné doplnit následným hlubším kypřením půdy.

Z celkových výsledků plyne, že kypřič Lemken Rubin 9 se výrazně lišil kvalitativními parametry zpracování půdy a také zanechával řádově menší procento nezpracovaného povrchu oproti kypřiči Horsch Joker 6 RT. Nicméně se zvyšujícím se procentem zpracovaného povrchu se zvyšuje u talířových kypřičů tahový odpor.

6 Diskuse k výsledkům

Objemová hmotnost půdy je ukazatelem zhutnění a zdraví půdy. Ovlivňuje infiltraci vody, hloubku kořenů, využitelnou vodní kapacitu, pórovitost půdy, dostupnost živin pro rostliny a aktivitu půdních mikroorganismů, které ovlivňují klíčové půdní procesy a produktivitu. Zhutnění může způsobit mělké zakořenění a špatný růst rostlin, což ovlivňuje výnos plodin a snižuje vegetativní kryt, který chrání půdu před erozí. Objemová hmotnost obvykle narůstá se zvyšující se hloubkou, protože podpovrchové vrstvy jsou více zhutnělé, mají méně organické hmoty a proniká do nich méně kořenů ve srovnání s povrchovými vrstvami, a proto obsahují méně pórů. Vysoká objemová hmotnost je ukazatelem nízké pórovitosti půdy. Znalost objemové hmotnosti je nezbytná pro hospodaření s půdou (USDA, 2023).

Zjištěné objemové hmotnosti a pórovitosti z neporušených půdních vzorků odebraných na zkoumaném pozemku v hloubkách 5-10 cm, 10-15 cm a 15-20 cm byly typické pro dané půdní podmínky (oblast a půdní typ-píščitohlinitá kambizem) a nepřekročily kritické hodnoty zhutnělé půdy, které uvádí Lhotský (2000) pro píščitohlinité půdy ($> 1,55 \text{ g.cm}^{-3}$), a proto lze usuzovat, že nedochází k zásadním pochybením ve zpracování půdy. Byla také zjištěna závislost mezi objemovou hmotností a hloubkou odběru, kdy objemová hmotnost narůstá se zvyšující se hloubkou, a závislost mezi pórovitostí a hloubkou odběru, která klesá se zvyšující se hloubkou, což potvrzují i výsledky jiných autorů (Aina et al., 2019; Brady, Weil, 1999; Landon, 1991; Nabayi et al., 2021; Seobi et al., 2005; Zaibon et al., 2016).

Výsledky měření fyzikálních vlastností vykazovaly značnou variabilitu a mohly být ovlivněny předcházejícími plodinami jako ozimá pšenice a ozimý ječmen, které jsou mělko kořenící plodiny.

Měření pokrývnosti povrchu půdy rostlinnými zbytky je ovlivněno stavem porostu předplodiny, ale také nerovnoměrností rozptylu posklizňových zbytků sklízecí mlátičkou, kterou měřili Kumhála et al. (2005) i Kvíz a Mašek (2003). Vyhodnocení pokrývnosti povrchu posklizňovými zbytky mohlo být také ovlivněno vlastním focením povrchu, ale i následnou úpravou obrazu v počítačových programech.

Pokrývnost povrchu posklizňovými zbytky měla u obou jak u talířového kypřiče Lemken Rubin 9, tak u talířového kypřiče Horsch Joker 6 RT velkou variabilitu hodnot, což bylo způsobeno pravděpodobně nestejným stavem porostu předplodiny. U kypřiče

Lemken Rubin 9, který zanechal méně nezpracovaného povrchu a intenzivněji mísil půdu s posklizňovými zbytky, byla tedy výsledná pokryvnost nižší než u kypřiče Horsch Joker 6 RT, u kterého zůstala velká část povrchu úplně nezpracovaná, kvůli čemuž zůstala zejména v talíři nezpracovaných místech značná část posklizňových zbytků na povrchu. Zpracování půdy těmito kypřiči nelze považovat za půdoochranné, jelikož medián hodnot pokryvnosti nedosahuje spodní hranice 30 % pokryvnosti povrchu půdy. Nicméně Wischmeier a Smith (1978) uvádějí, že každým zvýšením pokryvnosti půdy o 10 % klesne eroze půdy o 20 % a Hanna et al. (1995) konstatuje shrnutím dosavadních poznatků, že pokrytím 20 až 30 % povrchu půdy rostlinnými zbytky v době setí lze v porovnání s povrchem půdy bez rostlinných zbytků dosáhnout snížení vodní eroze o 50 až 90 %.

Kakos (2014) hodnotil kvalitu práce strojů ve srovnatelných podmínkách a došel k podobným výsledkům.

Raper (2002) měřil pokryvnost povrchu posklizňovými zbytky talířového kypřiče John Deere 210 při pracovních hloubkách 7,6 a 15,2 cm a zjistil, že se zvyšující se hloubkou zpracování klesá pokryvnost povrchu posklizňovými zbytky.

Dno bylo u obou talířových kypřičů hřebenité, což je u strojů s talířovými pracovními nástroji známé a potvrzují to i jiní autoři (Knechtges et al., 2010; Mašek, 2010; Scheit, 2021; Zubko et al., 2021). Avšak větším problémem bylo nedodržení nastavené pracovní hloubky a také značná část nezpracované půdy u obou talířových kypřičů. Průměrná hloubka zpracování u talířového kypřiče Lemken Rubin 9 byla mezi 4 až 5,5 cm a u talířového kypřiče Horsch Joker 6 RT mezi 3 až 4 cm. Ahmadi (2018) uvádí, že hloubka zpracování půdy je primárním určujícím faktorem pro potřebný tahový výkon.

Zubko et al. (2021) sledovali vliv pracovní rychlosti talířového kypřiče na změnu nastavené pracovní hloubky, přičemž měření probíhalo s nastavenou pracovní rychlostí 9, 11, 13 a 15 km.h⁻¹ s nastavenou pracovní hloubkou 7, 10 a 14 cm. Z daného měření zjistili, že odchylky nastavené pracovní hloubky narůstaly s větší nastavenou pracovní hloubkou a že při pracovní rychlosti 13 km.h⁻¹ a jízdě rovnoběžně s předchozí operací byly odchylky nastavené pracovní hloubky největší, a naopak při jízdě šikmo pod úhlem 35° na předchozí operací a stejné pracovní rychlosti byly odchylky nastavené pracovní hloubky nejmenší.

Měření drsnosti povrchu je ovlivňováno vlastnostmi půdy v místě měření, především stavem půdy, typem půdy a vlhkostí půdy. Drsnost zpracovávaného povrchu byla měřena řetězovou metodou a u obou talířových kypřičů se pohybovala výrazně pod 10 mm, což značí nízkou hrudovitost. Talířový kypřič Horsch Joker 6 RT s pěchem Rollflex zanechával výrazně vyšší drsnost půdy oproti talířovému kypřiči Lemken Rubin 9 s dvojitým drobcím válcem a prutovými usměřovači.

Thomsen et al. (2015) zdůrazňuje, že relativně nízké hodnoty drsnosti mohou značit to, že články řetězu jsou moc velké a nevejdou se mezi menší hrudy na povrchu, díky čemuž vychází z naměřených hodnot řetězovou metodou hladší povrch než ve skutečnosti.

Nízká drsnost půdy je důležitá při setí ozimých plodin. Zejména u plodin s drobnými semeny (např. řepka olejná) jsou hrudy nežádoucí a při nerovném povrchu půdy je problém dodržet požadovanou hloubku setí (Karlen et al., 1994).

Šindelář (2009) měřil drsnost povrchu řetězovou metodou za obdobných podmínek pro talířový kypřič Preciser 6000 s prutovým válcem, u kterého vyšla drsnost 4,46 mm. Vomáčka et al. (2019) měřil drsnost povrchu řetězovou metodou za obdobných podmínek pro kombinovaný kypřič Ostroj Saturn s crosskill válcem, u kterého vyšla drsnost 13,90 mm.

Z měření také plyne, že největší vliv na výslednou drsnost povrchu měl použitý válec jednotlivých strojů, který dotvářel konečný povrch půdy, což potvrzují i výsledky jiných autorů (Šindelář, 2009; Vomáčka et al., 2019).

7 Závěr

Předložená diplomová práce je rozdělena na dvě základní části. V první rešeršní části je nejprve popsán historický vývoj zpracování půdy od počátků zemědělství v 10. tisíciletí př. n. l., přes využívání prvních dřevěných nástrojů (motyky, rýče, rádla), nářadí z pálené hlíny a tažné síly zvířat, dále používání jednoduchých pluhů, následné zdokonalování práce pluhů a vynález ruchadla bratraci Veverkovými v 19. století, až po rozvoj minimalizačních technologií. Dále jsou popsány a rozebrány současné způsoby zpracování půdy od nejstaršího konvenčního zpracování půdy s orbou, přes novější minimalizační zpracování půdy až po nejnovější půdoochranné technologie zpracování půdy, přičemž jsou brány v potaz i klady a zápory jednotlivých technologií a dopady na půdní prostředí. Následně jsou představeny stroje pro zpracování půdy, kdy je kladen důraz na talířové kypřiče, u kterých jsou představeny i teoretická východiska, současné stroje a parametry určující kvalitu práce.

Ve druhé praktické části bylo provedeno polní měření s cílem posoudit kvalitu práce vybraných strojů s talířovými pracovními nástroji s ohledem na pokryvnost povrchu půdy rostlinnými zbytky, hřebenitost dna a drsnost zpracovaného povrchu. V metodické části byla popsána lokalita, stroje a postupy měření, kdy samotné měření probíhalo s talířovými kypřiči Lemken Rubin 9 a Horsch Joker 6 RT, které byly taženy traktorem Zetor 16245. Nakonec jsou v práci předloženy naměřené výsledky, které byly poté v diskusi porovnány s výsledky jiných autorů.

Na sledovaném pozemku byly nejprve měřeny fyzikální vlastnosti půdy, které byly zjištěny z neporušených půdních vzorků odebraných do Kopeckého válečků. Z naměřených výsledků byl zjištěn narůstající trend objemové hmotnosti a klesající trend pórovitosti v závislosti na hloubce odběru, nicméně naměřené hodnoty nedosahovaly kritických hodnot zhutnělé půdy.

Měření pokryvnosti povrchu posklizňovými zbytky probíhalo metodou analýzy obrazu v programu Adobe Photoshop. U obou talířových kypřičů měla pokryvnost velkou variabilitu, což bylo způsobeno především nestejným stavem porostu předplodiny. U kypřiče Horsch Joker 6 RT zůstala pokryvnost větší, především kvůli nezpracování značné části povrchu, na rozdíl od kypřiče Lemken Rubin 9, který intenzivněji mísil půdu s rostlinnými zbytky. Medián hodnot pokryvnosti nedosáhl ani u jednoho stroje spodní hranice 30 %, nad kterou lze považovat zpracování za

půdoochranné, nicméně i pokryvnost pod 30 % výrazně snižuje vodní erozi oproti povrchu bez rostlinných zbytků.

K měření drsnosti byla použita řetězová metoda a výsledná drsnost vyšla u obou kypřičů výrazně pod 10 mm, což značí velmi nízkou hrudovitost. Nicméně zde byl patrný vliv použitého válce na výslednou drsnost povrchu, protože válec dotvářel konečný povrch půdy, a tedy kypřič Horsch Joker 6 RT s pěchem Rollflex zanechával výrazně vyšší drsnost půdy oproti talířovému kypřiči Lemken Rubin 9 s dvojitým drobicím válcem.

Při měření hřebenitosti dna bylo zjištěno, že oba stroje zanechaly hřebenité dno a nedodržely nastavenou pracovní hloubku. Dále byl patrný značný rozdíl v kvalitě práce, kdy Lemken Rubin 9 zanechal méně nezpracovaného povrchu, avšak dno bylo výrazně méně vyrovnané, naopak Horsch Joker 6 RT zanechal výrazně více nezpracovaného povrchu, což mohlo být způsobeno především geometrií talířů. Průměrná hloubka zpracování půdy se u kypřiče Lemken Rubin 9 pohybovala mezi 4 až 5,5 cm a u kypřiče Horsch Joker 6 RT mezi 3 až 4 cm.

Při zpracování půdy by měl být brán ohled především na omezení degradace půdy a negativních následků, ale také na vytvoření vhodných podmínek pro dané plodiny. V současné době, kdy je velký výběr strojů pro zpracování půdy s různými pracovními nástroji je možné zohlednit při volbě způsobů zpracování půdy různé požadavky z hlediska půdních a klimatických podmínek. Snahou každého zemědělce by mělo být kvalitní zpracování půdy, které je ekonomicky efektivní a šetrné k životnímu i půdnímu prostředí.

8 Seznam použitých zdrojů

1. AHMADI, I. A draught force estimator for disc harrow using the laws of classical soil mechanics. *Biosystems Engineering*. 2018, roč. 171, č. 7, s. 52-62. ISSN 1537-5110.
2. AINA, O.A., et al. Comparison between the bulk density of fallowed and continuously cultivated lands: A case study of Kogi state university research farm. *East African Scholars Journal of Agriculture and Life Sciences*. 2019, roč. 2, č. 8, s. 414-419. ISSN 2617-4472.
3. AMOAH, J.K.O., AMATYA, D.M., NNAJI, S. Quantifying watershed surface depression storage: determination and application in a hydrologic model. *Hydrological Processes*. 2012, roč. 27, č. 17, s. 2401-2413. ISSN 0885-6087.
4. *BEDNAR* [online]. © 2023 [cit. 2023-01-30]. Dostupné z: <https://www.bednar.com/>
5. BRADY, N.C., WEIL, R.R. 12th ed. *The nature and properties of soils*. Upper Saddle River: Prentice-Hall Inc., 1999. ISBN 9780132431897.
6. BRANT, V., et al. *Pásové zpracování půdy (strip tillage): klasické, intenzivní a modifikované*. Praha: Profi Press, 2016. ISBN 978-80-86726-76-2.
7. BRANT, V., et al. *Efektivní hospodaření s vodou a eliminace degradace půdy v pěstebních systémech kukuřice seté*. Praha: Agrární komora České republiky, 2020. ISBN 978-80-88351-13-9.
8. CAMPBELL, C.A., et al. Tillage and crop rotation on soil organic C and N in a coarse-textured Typic Haploboroll in southwestern Saskatchewan. *Soil & Tillage Research*. 1996, roč. 37, č. 1, s. 3-14. ISSN 0167-1987.
9. FANIGLIULO, R., et al. Light Drone-Based Application to Assess Soil Tillage Quality Parameters. *Sensors*. 2020, roč. 20, č. 3, s. 728. ISSN 1424-8220.
10. FAO. *Conservation agriculture for soil moisture. Briefing notes: Production systems management*. Rome: FAO, 2005.
11. *FARMET* [online]. © 2023 [cit. 2023-01-30]. Dostupné z: <https://www.farmet.cz/>
12. GINIGADDARA, G.A.S. *Zero Tillage/ Minimum Tillage* [online]. 2018 [cit. 2023-01-23]. Dostupné z: http://agri.rjt.ac.lk/agri_onlinematerials/agricultural_systems/Zero%20tillage%20GAS%20Ginigaddara.pdf

13. HANNA, H.M., MELVIN, S.V., POPE R.O. Tillage implement operational effects on residue cover. *Applied Engineering in Agriculture*. 1995, roč. 11, č. 2, s. 205-210. ISSN 0883-8542.
14. HORSCH [online]. © 2023 [cit. 2023-01-30]. Dostupné z: <https://www.horsch.com/>
15. HŮLA, J., ABRHAM, Z., BAUER, F. *Zpracování půdy*. Praha: Brázda, 1997. ISBN 80-209-0265-1.
16. HŮLA, J., PROCHÁZKOVÁ, B., et al. *Vliv minimalizačních a půdoochranných technologií na plodiny, půdní prostředí a ekonomiku*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2002. ISBN 80-7271-106-7.
17. HŮLA, J., PROCHÁZKOVÁ, B., et al. *Minimalizace zpracování půdy*. Praha: Profi Press, 2008. ISBN 978-80-86726-28-1.
18. HŮLA, J., et al. *Dopady netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí*. Praha: VŮZT, 2010. ISBN 978-80-86884-53-0.
19. JAVŮREK, M., VACH, M. *Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2008. ISBN 978-80-87011-57-7.
20. JOHNSON, R.R. Soil engaging tool effects on surface residue and roughness with chisel-type implements. *Soil Science Society of America journal*. 1988, roč. 52, č. 1, s. 237-243. ISSN 0361-5995.
21. KÁBA, B., SVATOŠOVÁ, L. *Statistika*. Praha: Credit, 1998. ISBN 802130409x
22. KAKOS, M. *Porovnání vybraných strojů pro kypření půdy*. Praha, 2014. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Katedra zemědělských strojů. 73 s.
23. KAMENÍČKOVÁ, I., *Hydropedologie – návody do cvičení (VHK)*. Skriptum. VUT Brno, 2013.
24. KARLEN, D.L., et al. Crop residue effects on soil quality following 10-years of no-till corn. *Soil & Tillage Res.* 1994, roč. 31, č. 2-3, s. 149-167. ISSN 0167-1987.
25. KLIK, A., KAITNA, R., BADRAOUI, M. Desertification Hazard in a Mountainous Ecosystem in the High Atlas Region, Morocco. In: *12th ISCO Conference*. Beijing, 2002, s. 636-644.
26. KNECHTGES, H.J., et al. Stoppelbearbeitung mit Grubber oder Kurzscheibenegge im Vergleich. *Landtechnik*. 2010, č. 1, s. 51-53. ISSN 0023-8082

27. KOVAŘÍČEK, P., et al. *Využití hrůbkování při pěstování širokořádkových plodin* [online]. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2010 [cit. 2023-01-22]. Dostupné z: <http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2010/003.pdf>
28. KOVAŘÍČEK, P., et al. *Užití kypřičů v technologiích zpracování půdy bez orby*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2017. ISBN 978-80-7569-001-2.
29. KŘEN, J., et al. *Obecná produkce rostlinná*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-327-1.
30. KUBAČÁK, A. *Odkaz českého zemědělství*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2020. ISBN 978-80-7434-600-2.
31. KUMHÁLA, F., et al. The measurement of plant residues distribution quality after harvest by conventional and axial combine harvesters. *Plant, Soil and Environment*. 2005, roč. 51, č. 6, s. 249-254. ISSN 1214-1178.
32. KUMHÁLA, F., et al. *Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1701-7.
33. KVÍZ, Z., MAŠEK, J. Hodnocení vlivu kvality rozptylu posklizňových zbytků na kvalitu podmínky. In: *V. mezinárodní konference mladých*. Praha: ČZU, 2003, s. 120-125.
34. LANDON, J.R. *Booker tropical soil manual*. Harlon: Longman Scientific & Technical Publ., 1991.
35. LHOTSKÝ, J. *Zhutňování půd a opatření proti němu: (studijní zpráva)*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2000. ISBN 80-7271-067-2.
36. MAŠEK, J. Moderní přístupy a klasické zásady. In: *Zemědělec* [online]. 29.1.2010 [cit. 2023-01-19]. Dostupné z: <https://zemedelec.cz/moderni-pristupy-a-klasicke-zasady/>
37. MAŠEK, J., NOVÁK, P., CHOLENSKÝ, J. Vliv technologie zpracování půdy na její vlastnosti. In: *Agrojournal.cz* [online]. 5.4.2015 [cit. 2023-01-21]. Dostupné z: <https://www.agrojournal.cz/clanky/vliv-technologie-zpracovani-pudy-na-jeji-vlastnosti-43>
38. MIKULKA, J. *Metody regulace pcháče rolního (Cirsium arvense L. Scop.) na zemědělské půdě*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2011. ISBN 978-80-7427-076-5.
39. NABAYI, A., et al. Effect of Soil Organic Matter (SOM) Content on True Particle Density and other Physical Properties of Sudan Savannah Entisols. *Bulgarian Journal of Soil Science*. 2021, roč. 6, č. 2, s. 133-145. ISSN 2534-8787.

40. NEUBAUER, K., et al. *Stroje pro rostlinnou výrobu*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1989. ISBN 80-209-0075-6.
41. NOVÁK, P., MAŠEK, J. Současné trendy zpracování půdy. In: *Agrojournal.cz* [online]. 3.1.2018 [cit. 2023-01-16]. Dostupné z: <https://www.agrojournal.cz/clanky/soucasne-trendy-zpracovani-pudy-327>
42. NOVOTNÝ, F. Technologie zpracování půdy, talířové pluhy, talířové podmítače a talířové brány. In: *Agroportal24h.cz* [online]. 26.9.2019 [cit. 2023-01-30]. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/technologie-zpracovani-pudy-talirove-pluhy-talirove-podmitace-a-talirove-brany>
43. NÝČ, M., et al. *Technologické postupy využití strojů pro diferencované zpracování půdy a cílenou aplikaci hnojiv do půdy*. České Budějovice: Kurent, 2015. ISBN 978-80-87111-54-3.
44. POSPÍŠIL, J. Podmítka a podmítače. In: *Agromanual.cz* [online]. 14.9.2020 [cit. 2023-01-30]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/podmitka-a-podmitace>
45. POSPÍŠILOVÁ, L., et al. *Standardní analytické metody a kritéria hodnocení fyzikálních, agrochemických, biologických a hygienických parametrů půd*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2016. ISBN 978-80-7509-438-4.
46. PROCHÁZKOVÁ, B., et al. *Minimalizační technologie zpracování půdy a možnosti jejich využití při ochraně půdy a krajiny*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2011. ISBN 978-80-7375-524-9.
47. RAPER, R.L. The Influence of Implement Type, Tillage Depth, and Tillage Timing on Residue Burial. *Transaction of the ASAE*. 2002, roč. 45, č. 5, s. 1281-1286. ISSN 0001-2351.
48. ROH, J., KUMHÁLA, F., HEŘMÁNEK, P. *Stroje používané v rostlinné výrobě*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2003. ISBN 80-213-0614-9.
49. SEOBI, T., et al. Influence of Grass and Agroforestry Buffer Strips on Soil Hydraulic Properties for an Albaqualf. *Soil Science Society of America journal*. 2005, roč. 69, č. 3, s. 893-901. ISSN 0361-5995.
50. SCHEIT, S. *Falsche Einstellung und ihre Konsequenzen bei der Kurzscheibenegge* [online]. 2021 [cit. 2023-03-24]. Dostupné z: <http://media.repro-mayr.de/85/151185.pdf>

51. SOMMER, C., ZACH, M. Langfristige Sicherung der Bodenfruchtbarkeit durch konservierende/schonende Bodenbearbeitung. *Feldwirtschaft*. 1990, roč. 31, č. 8, s. 340-342. ISSN 0014-9799.
52. SUNDERMEIER, A., REEDER, R. *Fall Strip Tillage Systems: An introduction* [online] Columbus: Ohio State University, 2006 [cit. 2023-01-23]. Dostupné z: <https://ohioline.osu.edu/factsheet/aex-507>
53. ŠINDELÁŘ, R. *Kvalita práce strojů v energeticky méně náročných technologiích zpracování půdy*. Praha, 2009. Disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Katedra zemědělských strojů.
54. ŠNOBL, J., PŮLKRÁBEK, J., et al. *Základy rostlinné produkce*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1340-8.
55. TEMPÍR, Z. V českých zemích vznikalo revoluční nářadí, poznejte historii techniky ke zpracování půdy, sázení a setí. In: *Agroportal24h.cz* [online]. 23.8.2021 [cit. 2023-01-16]. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/v-ceskych-zemich-vznikalo-revolucni-naradi-poznejte-historii-techniky-ke-zpracovani-pudy-sazeni-a-seti>
56. THOMSEN, L.M., et al. Soil surface roughness: comparing old and new measuring methods and application in a soil erosion model. *SOIL*. 2015, roč. 1, č. 1, s. 399-410. ISSN 2199-3971.
57. USDA. Bulk density guide. [online]. 2023 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: https://www.envirothonpa.org/documents/bulk_density_guide.pdf
58. VOMÁČKA, J., et al. Quality assessment of selected tillage machines for secondary soil tillage. In: *Trends in Agricultural Engineering 2019: 7th International Conference TAE 2019: conference proceedings*. Prague: Czech University of Life Sciences, 2019, s. 583-586. ISBN 978-80-213-2953-9.
59. WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. Maryland: U.S. Department of Agriculture, 1978.
60. ZAIBON, S., et al. Hydraulic Properties Affected by Topsoil Thickness in Switchgrass and Corn–Soybean Cropping Systems. *Soil Science Society of America journal*. 2016, roč. 80, č. 5, s. 1365-1376. ISSN 0361-5995.
61. ZUBKO, V., et al. Factors Affecting Quality of Tillage with Disc Harrow. *Engineering for Rural Development. Proceedings of the International Scientific Conference (Latvia)*. 2021, č. 20, s. 1193-1199 ISSN 1691-3043.

9 Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obr. 1: Ruchadlo bratranců Veverkových (Křen, 2015)..... | 4 |
| Obr. 2: Způsoby zpracování půdy v závislosti na intenzitě zpracování půdy (Kumhála et al., 2007)..... | 5 |
| Obr. 3: Obracení skývy při orbě (Kumhála et al., 2007) | 7 |
| Obr. 4: Slunečnice v pásech po kukuřici (https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/progresivni-farmarska-technologie-pasova-priprava-pudy-strip-till-) | 12 |
| Obr. 5: Porost cukrové řepy pěstované v hrůbcích (https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/progresivni-technologie-eliminujici-zhutnovani-pudy-pri-pestovani-cukrove-repy) | 13 |
| Obr. 6: Orební těleso: 1 – čepel, 2 – odhrnovačka, 3 – slupice, 4 – plaz, 5 – patka, 6 – vzpěra, 7 – pero odhrnovačky (Neubauer et al., 1989) | 15 |
| Obr. 7: Radličky kypřičů: a – dlátovitá, b – oboustranná, c – šípová (Kumhála et al., 2007)..... | 17 |
| Obr. 8: Schéma práce talíře (Neubauer et al., 1989) | 19 |
| Obr. 9: Schéma pohybu talíře (Neubauer et al., 1989) | 19 |
| Obr. 10: a – párové uspořádání talířů, b – pryžové uložení slupic (Horsch, 2023) | 21 |
| Obr. 11: a – pružinové jištění slupice s talířem, b – náboj s kuličkovým ložiskem (Bednar, 2023)..... | 21 |
| Obr. 12: Talířový podmítač Softer 1050 PRO (Farmet, 2023)..... | 22 |
| Obr. 13: Lokace (a) a satelitní snímek (b) pokusného pozemku (mapy.cz) | 24 |
| Obr. 14: Talířový kypřič Lemken Rubin 9 (www.farmweb.cz/index.php?page=view_gallery&gal=61466) | 25 |
| Obr. 15: Talířový kypřič Horsch Joker 6 RT (www.farmweb.cz/index.php?page=view_gallery&gal=57916) | 26 |
| Obr. 16: Sada pro odběr neporušených půdních vzorků (hydropedologie.agrobiologie.cz/images/neporuseny.html) | 27 |
| Obr. 17: Závislost pokryvnosti povrchu na hmotnosti rostlinných zbytků (Autor) . | 29 |
| Obr. 18: Algoritmus pro vyhodnocení pokryvnosti pomocí nástrojů programu Photoshop (Autor)..... | 30 |
| Obr. 19: Odečet procenta pokryvnosti při použití nástroje Histogram (Autor) | 31 |

| | |
|---|-----------|
| <i>Obr. 20: Pokryvnost půdy rostlinnými zbytky (Autor)</i> | <i>31</i> |
| <i>Obr. 21: Zjišťování délky řetězu pro výpočet drsnosti (Autor)</i> | <i>32</i> |
| <i>Obr. 22: Měření profilu dna pomocí latě rozměřené po 2,5 cm (Autor)</i> | <i>33</i> |
| <i>Obr. 23: Krabicový graf objemové hmotnosti v závislosti na hloubce</i> | <i>35</i> |
| <i>Obr. 24: Krabicový graf pórovitosti v závislosti na hloubce</i> | <i>36</i> |
| <i>Obr. 25: Krabicový graf pokryvnosti posklizňovými zbytky v závislosti na použitém kypřiči.....</i> | <i>37</i> |
| <i>Obr. 26: Krabicový graf drsnosti v závislosti na použitém kypřiči.....</i> | <i>40</i> |
| <i>Obr. 27: Hřebenitost dna po přejezdu kypřiče Lemken Rubin 9 (1. místo měření)</i> | <i>41</i> |
| <i>Obr. 28: Hřebenitost dna po přejezdu kypřiče Lemken Rubin 9 (2. místo měření)</i> | <i>42</i> |
| <i>Obr. 29: Hřebenitost dna po přejezdu kypřiče Horsch Joker 6 RT (1. místo měření)</i> | <i>43</i> |
| <i>Obr. 30: Hřebenitost dna po přejezdu kypřiče Horsch Joker 6 RT (2. místo měření)</i> | <i>44</i> |

10 Seznam tabulek

| | |
|---|----|
| Tab. 1 Vliv zpracování půdy na rostlinné zbytky (Hůla, Abrham, Bauer, 1997).... | 11 |
| Tab. 2 Výsledky Tukeyova HSD testu významnosti rozdílů objemové hmotnosti | 35 |
| Tab. 3 Výsledky Tukeyova HSD testu významnosti rozdílů pórovitosti | 36 |
| Tab. 4 Naměřené délky řetězu v cm | 38 |
| Tab. 5 Drsnost povrchu v mm | 39 |