

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra zemědělských strojů**



## **Diplomová práce**

**Nové technologie sklizně polních plodin a jejich  
dopad na provozní parametry sklízecích mlátiček**

**Zdeněk Neubauer, Bc.**

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Zdeněk Neubauer

Zemědělská technika

Název práce

**Nové technologie sklizně polních plodin a jejich dopad na provozní parametry sklízecích mlátiček**

Název anglicky

**New technologies for harvesting field crops and their impact on the operational parameters of combine harvesters**

---

### Cíle práce

Cílem práce bude zhodnotit provozní parametry nových technologií využívaných při sklizni polních plodin. Zejména se jedná o technologii dvoufázové sklizně s využitím řádkovačů a dále technologii vyčesávání.

### Metodika

Cílem práce je popsat novodobé způsoby a trendy ve sklizni tradičních plodin na území České republiky. Při psaní bude využita česká i cizojazyčná historická i soudobá odborná literatura. Práce bude konstatovat klady a zápory jednotlivých typů sklizně pomocí sklízecích mlátiček. Ve druhé části práce dojde k vyhodnocení dat nasbíraných v terénu. Během jednotlivých způsobů sklizně dojde k průběžnému měření zkoumaných veličin. Tyto veličiny budou dále vyhodnocovány a zpracovány do grafické podoby. V závěru dojde ke zhodnocení přínosů a výhod samotných druhů sklizně.

**Doporučený rozsah práce**

50 stran

**Klíčová slova**

vyčesávání, dvoufázová sklizeň, výkonnost, ztráty při sklizni

---

**Doporučené zdroje informací**

- Anderson, N. P., Goussard, M., Donovan, B. C., Garbacik, C. J., & Chastain, T. G. (2019). Seed yield and seed shattering with different windrowers in Oregon grass seed crops. In Proceedings of the 10th International Herbage Seed Conference (Vol. 10, pp. 59-64).
- Berglund, D. R., Hanson, B., & Zarnstorff, M. (1999). Swathing and harvesting canola.
- Clarke, J. M. (1985). Harvesting Losses of Spring Wheat in Windrower/Combine and Direct Combine Harvesting Systems 1. *Agronomy Journal*, 77(1), 13-17.
- Tado, C. J. M., Wacker, P., Kutzbach, H. D., & Suministrado, D. C. (1998). Development of stripper harvesters: a review. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 71(2), 103-112.
- Wanjura, J. D., Faulkner, W. B., Boman, R. K., Kelley, M. S., Barnes, E. M., Searcy, S. W., ... & Brashears, A. D. (2017). Stripper harvesting.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2022/2023 LS – TF

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Petr Novák, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra zemědělských strojů

---

Elektronicky schváleno dne 20. 2. 2023

**prof. Dr. Ing. František Kumhála**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 2. 3. 2023

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 17. 03. 2023

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Nové technologie sklizně polních plodin a jejich dopad na provozní parametry sklízecích mlátiček" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne:

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Petru Novákovi, Ph.D. za jeho čas, profesionalitu a ochotu věnovanou mým dotazům a prosbám týkajících se této práce. Zároveň bych rád poděkoval obsluhám sklízecích mlátiček za ochotu a vstřícnost při nutných požadavcích pro objektivitu měření.

# **Nové technologie sklizně polních plodin a jejich dopad na provozní parametry sklízecích mlátiček**

## **Abstrakt**

Tato práce obsahuje v první části teoretické porovnání tradičních a netradičních způsobů sklizně v tuzemských podmínkách. Na základě těchto předpokladů docházelo následně k objektivnímu měření vybraných veličin v terénu při sklizni. Práce následně obsahuje porovnání naměřených veličin a odůvodnění výsledků.

Z naměřených hodnot byly statisticky získány hodnoty vhodné pro tabulkové uspořádání. Následně byla data zpracována do grafů s vysokou vypovídající hodnotou a vhodným komentářem. Práce porovnává zejména sklizňové ztráty a jejich druhy. Sklizňové ztráty jsou velmi důležitým ukazatelem sklizně. Mezi další porovnávané veličiny patří plošná výkonnost, nárůst vlhkosti zrna a spotřeba paliva na hektar. Všechny z výše uvedených veličin jsou důležitými měřítky sklizně, díky čemuž má tato práce potenciální přínos pro tuzemské zemědělce.

# **New technologies for harvesting field crops and their impact on the operational parameters of combine harvesters**

## **Abstract**

In the first part, this thesis contains a theoretical comparison of traditional and non-traditional methods of harvesting in domestic conditions. On the basis of these assumptions, objective measurements of selected quantities were subsequently carried out in the field during harvesting. The work then contains a comparison of the measured values and a justification of the results.

From the measured values, values suitable for tabular arrangement were statistically obtained. Subsequently, the data were processed into graphs with a high informative value and an appropriate comment. The work mainly compares harvest losses and their types. Harvest losses are a very important indicator of harvest. Other

parameters compared include area performance, increase in grain moisture and fuel consumption per hectare. All of the above quantities are important yield measures, making this work of potential benefit to domestic farmers.

# Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Cíl práce a metodika</b> .....	<b>2</b>
<b>3. Teoretická východiska</b> .....	<b>3</b>
3.1    Podmínky při sklizni v tuzemsku .....	3
3.2    Úskalí tradiční sklizně .....	6
3.3    Netradiční způsoby sklizně v tuzemsku.....	10
3.3.1  Dvoufázová sklizeň.....	10
3.3.2  Sklizeň vyčesávacím adaptérem .....	17
3.4    Modernizace a automatizace tradiční sklizně .....	20
<b>4 Vlastní práce</b> .....	<b>24</b>
4.1    Metodika měření .....	24
4.2    Podmínky při sbírání dat.....	26
4.2.1  Sklizeň pšenice jarní pomocí jednofázové přímé sklizně .....	26
4.2.2  Sklizeň pšenice jarní dvoufázovou sklizní.....	26
4.2.3  Sklizeň lnu setého pomocí vyčesávacího adaptéru.....	27
<b>5 Vyhodnocení získaných dat</b> .....	<b>29</b>
5.1    Tabulka statisticky vyhodnocených naměřených hodnot .....	29
5.2    Porovnání celkových sklizňových ztrát u jednotlivých způsobů sklizně .	30
5.3    Porovnání relativních ztrát z ústrojí sklízecí mlátičky a sklizňového adaptéru	32
5.4    Vypočtené hodnoty sklizňových ztrát na adaptéru a z ústrojí sklízecí mlátičky	33
5.4.1  Grafické znázornění podílu ztrát sklízecí mlátičky a adaptéru.....	33
5.5    Srovnání původů ztrát při dvoufázové sklizni .....	35
5.6    Porovnání ztrát při využití sklizně vyčesávacím adaptérem.....	37
5.7    Srovnání nárůstu vlhkostí zrna při jednotlivých variantách sklizně .....	39
5.8    Graf relativního nárůstu vlhkosti .....	40
5.9    Porovnání spotřeby paliva a plošné výkonnosti jednotlivých způsobů sklizně	43
5.10   Tabulka hodnot měrné spotřeby paliva na plochu .....	43
5.11   Porovnání spotřeby paliva na hektar při jednotlivých sklizních.....	44
5.12   Porovnání plošných výkonností při využití různých způsobů sklizně.....	47
<b>6. Diskuze</b> .....	<b>50</b>
<b>7. Závěr</b> .....	<b>52</b>



<b>8. Seznam zdrojů .....</b>	<b>53</b>
<b>9. Seznam obrázků .....</b>	<b>54</b>
<b>10. Seznam grafů.....</b>	<b>55</b>
<b>11. Seznam tabulek .....</b>	<b>55</b>

## 1. Úvod

Sklizeň je pro české i světové zemědělce jednou z nejdůležitějších operací. Jedná se o poslední činnost, která proběhne při vegetaci plodiny. Vzhledem k nárůstu populace a celkových požadavků na výnos, je nutno zohlednit a přizpůsobit kvalitu operace sklizně. Změny některých legislativních předpisů vedou k diverzifikaci českého zemědělství a s ním také k úpravě či změně tradičních operací. Trend omezování aplikace chemických přípravků dává prostor pro využití mechanických způsobů ochrany rostlin.

Také sklizeň se možná v budoucnu změní. Již několik let se můžeme setkat zejména při sklizni trav na semeno s dvoufázovou sklizní. Mnozí zemědělci volí cestu chemické desikace porostu a následnou přímou sklizeň, jiní naopak putují cestou přímé sklizně bez desikace. Jen těžko lze říct, který ze způsobů je nejvhodnější.

Technologie, zejména ze Spojených států amerických, nachází své opodstatnění také v zemích evropských. Poslední roky dochází k rozmachu například půdního kypření strip-till. Proběhly zde také testy vyčesávacího adaptéru v různých porostech. Vyčesávací adaptér se využíval v českých zemích již v minulosti, avšak z důvodu vysoké potřeby slámy pro živočišnou výrobu se od tohoto způsobu sklizně upustilo. Od té doby však došlo k mnoha změnám. Dnes lze říci, že v českých oblastech najdou své uplatnění všechny základní způsoby sklizně – přímá sklizeň, sklizeň dvoufázová a také sklizeň vyčesávacím adaptérem.

Tato práce by měla poukázat na výhody a nevýhody jednotlivých způsobů sklizně metodou objektivního porovnání různých aspektů. Dále by měla informovat o fungování jednotlivých využívaných strojů a mechanismů. Na závěr dojde k diskusi a porovnání výsledků měření s jinými pracemi či články.

## **2. Cíl práce a metodika**

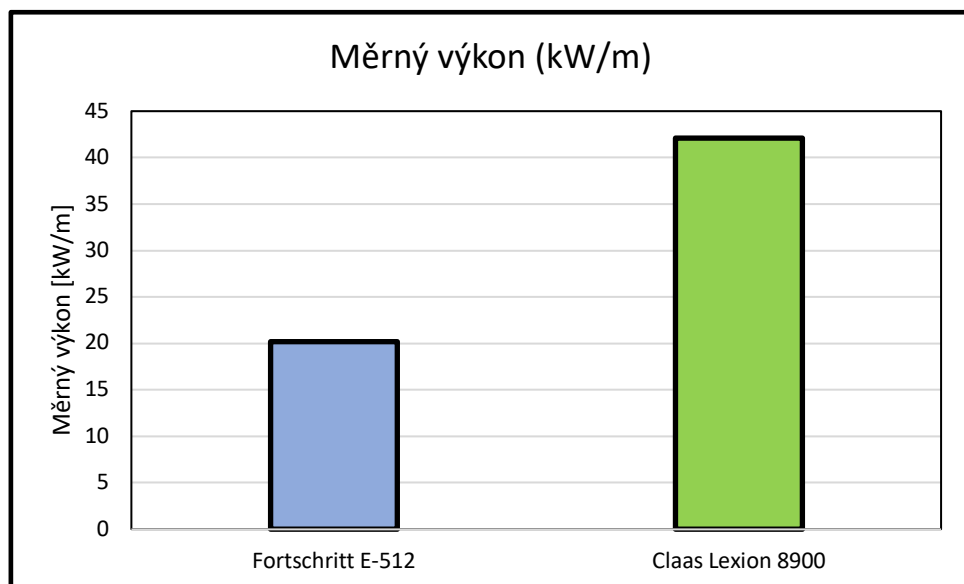
Cílem práce je popsat novodobé způsoby a trendy ve sklizni tradičních plodin na území České republiky. Při psaní bude využita česká i cizojazyčná historická i soudobá odborná literatura. Práce bude konstatovat klady a zápory jednotlivých typů sklizně pomocí sklízecích mlátiček. Ve druhé části práce dojde k vyhodnocení dat nasbíraných v terénu.

Během jednotlivých způsobů sklizně došlo k průběžnému měření zkoumaných veličin. Tyto veličiny budou dále statisticky vyhodnocovány a zpracovány do grafické podoby. V závěru dojde ke zhodnocení přínosů a výhod samotných druhů sklizně.

### 3. Teoretická východiska

#### 3.1 Podmínky při sklizni v tuzemsku

Sklizeň v tuzemských zemích probíhá v globálním měřítku tradičním způsobem. Od druhé poloviny 20. století se zde setkáváme v drtivé většině s přímou sklizní obilovin a olejnin. Celosvětově dochází ke zvyšování efektivity a kvality práce. Promítá se to mimo jiné i ve sklizňových strojích. Při porovnání modelu Fortschritt E512, vyráběného v letech 1967-1988 a soudobé mlátičky Claas Lexion 8900, lze zřetelně vidět nárůst výkonu i šířky sklizňového adaptéru pro přímou sklizeň. [KUMHÁLA, 2007]



Graf č. 1 Porovnání měrných výkonů historické a soudobé mlátičky

Graf č. 1 ilustruje porovnání výkonu pohonného agregátu na šířku záběru sklizňového adaptéru pro přímou sklizeň. Měrný výkon u soudobé mlátičky oproti historické vzrostl přibližně čtyřikrát.

Vyšší měrný výkon poskytuje vyšší výkonovou rezervu a potenciál sklízecí mlátičky. Dodává též prostor pro agresivnější nastavení mlátičky v náročných podmínkách. Koncepce mlátiček E-512 a Lexion 8900 nejsou shodné. Fortschritt disponuje tangenciálním mláticím ústrojím, zatímco Claas hybridním. [KUMHÁLA, 2007]

Energetická náročnost je u hybridního systému vyšší, což také opodstatňuje vyšší měrný výkon. Zároveň je díky tomuto systému mlátička schopna jet v daných podmínkách vyšší pojezdovou rychlostí a využít tak naplno potenciálu jak mláticího a separačního ústrojí, tak i výkonu pohonného agregátu. [BIRKINSHAW, 2009]

Sklizňové podmínky a sortiment plodin jsou důležitým měřítkem pro správnou volbu způsobu sklizně. Se zvyšujícím se trendem pěstování kukuřice na zrno dochází ke zdokonalování odlamovacích adaptérů pro sklizeň kukuřice. [KUMHÁLA, 2007]

Podobný příklad představuje sója luštinatá. Pro sklizeň této komodity je zapotřebí zvolit adaptér se schopností velmi nízkého sečení pro snížení sklizňových ztrát. I zde je možno vidět velký rozvoj v inovacích pásových sklizňových adaptérů, tzv. draperů a jejich flexibilních variantách. [BRÝNA, 2019]

Při sklizni obilnin a olejnin často nastává problém s vlhkým či mokrým podložím. Počasí v letním období může být deštivé vlivem čehož se pohyb v rámci pozemku ztěžuje, což může vést ke tvorbě hlubokých kolejí po přejezdu stroje – viz obrázek 1. Jako řešení lze zvolit například pásový podvozku sklízecí mlátičky. Ten zajistí lepší rozložení hmotnosti a lepší trakci v mokrém podloží. [BIRKINSHAW, 2009]

Velmi rozšířené je též využití překládacích vozů při pohybu po pozemku. Zamezí se díky tomu zanášení pozemních komunikací vlhkou půdou z dezénu pneumatik odvozového prostředku a také dochází k zefektivnění samotné operace sklizně.



Obrázek 1 - Mokrý podmínky sklizně v roce 2021

Vlivem vyššího množství srážek dochází ke zhoršování stavu porostů a jejich nerovnoměrnému dozrávání. Zejména v případě dešťů v období konce června až do konce července lze zaregistrovat zaplevelení dosud bezplevelného porostu.

Zelená hmota s sebou nese mnoho negativ pro sklizeň a v kombinaci s omezováním desikace vzniká problematika volby správného způsobu sklizně.



*Obrázek 2 - Detailní fotografie strniště pšenice ozimé po sklizni*

Obrázek 2 ilustruje stav zralosti stonků porostu pšenice ozimé na konci července 2022. Zelené stonky negativně ovlivňují kvalitu a efektivitu práce. Na daném pozemku nešlo ve sklizni i přes příznivou vlhkost zrna pokračovat.

Jednotlivé výkyvy srážek a teplot lze pozorovat každoročně. Každý rok je tedy specifický a v různých částech České republiky nacházíme rozdílné stavy porostů. Volba nejlepšího způsobu sklizně v republikovém měřítku je tedy takřka nereálná, vybírá se proto subjektivně pro jednotlivou oblast a plodinu.

### 3.2 Úskalí tradiční sklizně

Jako tradiční sklizeň je považována sklizeň přímá – jednofázová. Porost je zde při jednom přejezdu sklízecí mlátičky useknut, vymlácen a vyseparován. Posklizňové zbytky lze poté uložit na řádek a dále zpracovat, nebo pomocí drtiče a rozmetače rozprostřít po pozemku a využít je pro organické hnojení. [JAVOREK, 2015]

Tento způsob se ujal díky své efektivitě, potřeby „pouze“ jednoho stroje – sklízecí mlátičky se sklizňovým adaptérem pro přímou sklizeň. Relativně nízká energetická náročnost při vhodných podmínkách také pomohla tomuto způsobu sklizně expandovat a vytlačit téměř celosvětově ostatní možnosti jak materiál z pozemku poséct, vymlátit a vyseparovat. [JAVOREK, 2015]

Čemu se snaží každý farmář či agronom zabránit je prolehání či celkové lehnutí porostu. Takový scénář s sebou nese zvýšené sklizňové ztráty, vyšší spotřebu a nižší výkonnost sklízecí mlátičky. V neposlední řadě se zvyšují provozní náklady vlivem nadměrného opotřebení nožů drtiče, adaptéru a abrazivní otírání mlátek a košů z důvodu vysokého rizika vniknutí hlíny do vnitra stroje. [PASTOREK, 2002]

Kopírování tradičních sklízecích adaptérů nejčastěji zajišťuje soustava hmatačů na dně adaptéru. Hmatače zjišťují výšku adaptéru nad terénem a potenciometry či ultrazvukové senzory (New Holland TX 68) zásobují řídicí jednotku mlátičky informacemi nutnými pro hydraulické zvednutí či naklopení adaptéru. [JAVOREK, 2015]

Při práci v mokré a bahnitěm prostředí může dojít k zacpání a zablokování mechanismu hmatačů. Následuje disfunkce horizontálního naklápění vlivem čehož adaptér může nabrat velké množství zeminy. Obsluha stroje je nucena vypnout vkládání, mlátící ústrojí a opustit kabinu stroje. Vlhkou zeminu následně ručně odstraní z funkčních částí adaptéru, případně šikmého dopravníku. Adaptér s hmatačovým ústrojím pro kopírování terénu lze vidět na obrázku 3, agregovaný na sklízecí mlátičce New Holland.



Obrázek 3 – Soudobé sklízecí mlátičky při sklizni porostu pšenice ozimé s tradičními adaptéry pro přímou sklizeň  
<https://www.bisooriginal.cz/vsechny-clanky/prvni-dojmy-z-biso-vx-cropranger-vx850-tll-v-kombinaci-s-novym-new-holland-cx-8-80/>

Někteří výrobci zvolili mechanickou cestu kopírování namísto elektronicko-hydraulické. Princip fungování je založen na dvou nezávisle zavěšených rámech sklízecího adaptéru. Jeden z rámů je zavěšen na šikmém dopravníku sklízecí mlátičky. Tento prvek často obsahuje hlavní pohonné ústrojí sklízecího adaptéru, popřípadě nádrž na olejovou náplň. [BRÝNA, 2019]

Díky soustavě pružin a paralelogramů lze samotný adaptér odlehčit na požadovaný přítlak na půdu. Zavěšení také umožňuje boční kopírování, popřípadě vertikální naklápění „na špičku a na patu“. Mnoho adaptérů podobné koncepce umožňuje lámání adaptérů na několik dílů pro zajištění lepšího kopírování nerovného terénu ve velkých šířkách záběru. Tento typ adaptéru je zachycen na obrázku 4.





Obrázek 4 – Flexibilní provedení pásové lišty kanadského výrobce Mac Don

Zdroj: <https://www.mac-don.cz/>

Kopírování zajišťuje co nejdokonalejší vysečení polehlého porostu. Pokud obsluha nastaví příliš velkou výšku sečení, polehlý porost zůstane na pozemku a nebude již možné ho sklídit.

Za využití přiháněče a zvedáčů porostu lze danou plodinu odlepit ze země a zvýšit tím i nutnou výšku sečení. Předpokladem pro správnou práci je rovný terén. Vhodné podmínky pro sklizeň počínají tedy již při kypření a přípravě pro setí. [BRÝNA, 2019]

Se snížením výšky sečení dojde také ke zvýšení průtoku hmoty sklízecí mlátičkou. Navíc pokud je půda vlhká, dojde k přenosu vlhkosti i na stonky a zrno. Při výmlatu takové hmoty se zvyšuje energetická náročnost, snižuje pojezdová rychlost a rostou sklizňové ztráty zejména v oblasti separace. [KUMHÁLA, 2007]

Nerovnoměrnost dozrávání v rámci pozemku představuje problém zejména v oblasti výmlatu a separace. Heterogenita půdního profilu v kombinaci se zvýšenými srážkami může mít za důsledek velmi znatelný rozdíl zralosti. Při samotné sklizni dochází k nerovnoměrnému zahlcování sklízecí mlátičky, což představuje problém zejména u mlátiček s axiálním ústrojí. [MIU, 2015]

Nezralý porost disponuje vyšší vlhkostí nejen zrna, ale také slámy. Distribuce nezralé slámy představuje obtížnou práci pro drtič či rozmetací ústrojí sklízecí mlátičky. Dochází k nadměrnému zatěžování, vysoké energetické náročnosti a tím i k opotřebení jednotlivých mechanismů. [MIU, 2015]

Podobné problémy se vyskytují i u pozemků s vysokým zaplevelením. Takové porosty je možno zaregistrovat například u eko zemědělců nebo při nesprávném zacházení s herbicidy.

Zelená hmota plevelů na sebe při výmlatu nalepí zrnka sklízené plodiny a ta jsou následně distribuována spolu s posklizňovými zbytky za mlátičku. Zelená hmota, viz obrázek 5, také představuje riziko zablokování mlátičích košů. V takovém případě dojde k výmlatu, ale již ne k separaci vymláčeného zrna. Omlat takové hmoty dokáže zalepit i síta mlátičky, následkem čehož dojde k rapidnímu nárůstu ztrát a snížení potenciálu sklízecí mlátičky. [ROH, 2003]



Obrázek 5 - Polehaný porost pšenice ozimé se vzrůstající vegetací lilku brambor

Mnohdy se lze setkat s kombinací výše uvedených negativních podmínek pro sklizeň. Na obrázku výše porost pšenice ozimé polehal vlivem větru, vyššího úhrnu srážek a nadměrného obsahu dusíku v půdě. Ten byl zapříčiněn pěstováním lilku brambor předchozí sezony. Hlízy lilku brambor, jež přezimovaly i přes nízké teploty, následně po červencových srážkách vyrostly a představovaly velkou překážku pro sklizeň.

V rámci ekonomiky podniku představují sklizňové podmínky velmi podstatný subjekt. Nejen že při výše uvedených případech narostou náklady pro sklizeň ve formě náhradních dílů či paliva, při posklizňové manipulaci se musí počítat také s položkou

dosoušení zrna. Tradiční způsob jednofázové sklizně adaptérem pro přímou sklizeň je v mnoha případech velmi nákladný a je třeba hledat jiná řešení.

### 3.3 Netradiční způsoby sklizně v tuzemsku

#### 3.3.1 Dvoufázová sklizeň

Před příchodem éry jednofázové sklizně v českých zemích využívali sedláci sklizeň dvoufázové. Dvoufázová sklizeň probíhala nejprve na poli, kde došlo k posečení a vytvoření snopů. Sláma včetně klasů svázaná ve snopech byla nejčastěji koňským spřežením dopravena na mlat, kde za využití stabilní mlátičky došlo k výmlatu materiálu. Mlátičky byly nejčastěji poháněny stabilním motorem přes kožený řemen. Při sklizni tedy došlo ke dvěma fázím ve dvou časových úsecích. V první fázi byla hmota z pozemku posečena a ve druhé fázi poté vymláčena. Dobová fotografie, viz obrázek 6, ilustruje historický průběh dvoufázové sklizně. [LÁZNIČKA, 2012]



Obrázek 6 – Dobová fotografie ze sklizně s využitím dvoufázové technologie  
Zdroj: <http://www.kronikahoracka.cz/images/historie-venkova/zne-1943/15.jpg>

Výhodou byl časový prostor mezi posečením a výmlatem, při kterém mohly být snopy uskladněny ve stodole a nedošlo případně k promočení materiálu vlivem srážek.

Posklizňové zbytky – sláma a plevy byly dále využívány například ke krmení či podestýlání dobytka. Tento způsob sklizně však nebyl příliš efektivní. [LÁZNIČKA, 2012]



Za dvoufázovou sklizeň v nepravém slova smyslu lze považovat například sušení sena. Hmota je po posečení rozložena po pozemku, kde vlivem povětrnostních podmínek, zejména slunce a větru vysychá a je pak snáze uskladnitelná.

Tohoto jevu se dá využít i při sklizni trav na semínko pro osevářské účely. Dvoufázová sklizeň trav se v Česku rozšířila zejména na počátku milénia. Zemědělské podniky začali zkoušet různé odrůdy trav poséct diskovou žací lištou a následně uschlou hmotu sbírat sběracím adaptérem agregovaným na sklízecí mlátičce. I přes nutnost využití dvou přejezdů po pozemku je ekonomika tohoto způsobu sklizně na dobré úrovni.



*Obrázek 7 - Sečení kostřavy luční pro dvoufázovou sklizeň*

Obrázek 7 ilustruje soupravu pro sečení porostů na dvoufázovou sklizeň. Lesklý dezén pneumatik dokazuje, že sečení probíhá za vlhkých podmínek důležitých pro správnou kvalitu práce.

Prvním předpokladem pro správný výsledek práce je posečení ve správné fázi vegetace rostliny. Rostlina musí být zralá, ne však přezralá. V případě přezrání plodiny může dojít k vypadávání semínek z květenství a tím ke vzniku vysokých ztrát. Stav porostu by měl být, jako v případě jednofázové sklizně, suchý a stojatý. Při polehlém porostu je nutno správně nastavit žací stroj. Při využití diskové žací lišty je nutno v případě potřeby demontovat kondicionér pro co největší šetrnost stroje k rostlině.

Efektivita a dobrý výsledek nasečení jsou podmíněny vlhkostí porostu.

Přítomnost vody na povrchu rostliny totiž zapříčiní lepší adhezi semínek v květenství, díky čemuž se omezí sklizňové ztráty při sečení. Často tedy lze vidět průběh této práce v nočních hodinách za rosy, či v drobném dešti nebo mlze. [KLINNER, 1979]

Na rozdíl od sušení sena se s touto hmotou až do sklizně nijak nenakládá. Jakýkoli pohyb hmoty v řádku znamená ztráty vysypáním. Nevýhodou je bezesporu přítomnost srážek. Voda se z přilehlého řádku hůře odpařuje, čímž se zvyšuje riziko plesnivění a hniloby materiálu. Obrázek 8 dokazuje, že ne vždy hmoty v řádku proschne. Fotografie byla pořízena v roce 2022 při dvoufázové sklizni kostřavy luční.



Obrázek 8 - Nahnívající hmota v příliš vlhkém řádku

Ushlou hmotu je nyní možno sklízet pomocí sklízecí mlátičky s vhodným sběracím adaptérem. Ten se skládá ze dvou hlavních částí.

První část je pásový sběrač s prsty, jež zajišťuje sběr materiálu ze země a dopraví ho přirozeným přímým pohybem do druhé části adaptéru. Pohon je nejčastěji řešen hydraulicky s možností proměnlivé rychlosti sběrače v závislosti na pojezdové rychlosti. Některé typy sběracích adaptérů disponují přidržovači nad sběracími pásy. Přidržovač zajistí rovnoměrnost toku materiálů při práci na svažitých pozemcích. Při jízdě ze svahu dolů dochází vlivem gravitace k pohybu hmoty dolů z pásu. Tento prvek lze vidět v prostoru nad sběracím pásem na obrázku 9. [CLARKE, 1984]



Obrázek 9 - Sběrací adaptér s přidržovacím zařízením  
Zdroj: <https://www.nardi-harvesting.com/pick-up-header/>

Druhá část se nazývá průběžný šnekový dopravník s palcovým ústrojím. Průběžný dopravník zajistí transport materiálu z celé šířky adaptéru doprostřed k šikmé komoře sklízecí mlátičky. Pohon zajišťuje nejčastěji mechanické spojení hnací hřídele na šikmé komoře sklízecí mlátičky. [CLARKE, 1984]

Nutnou součástí pohonu je také přepěťová spojka, která dopravník automaticky zastaví při nadměrném odporu. Takový odpor vznikne nejčastěji při namotání hmoty na středovou část šnekového dopravníku. [CLARKE, 1984]

Moderní sběrací adaptéry zajišťují automatické kopírování terénu pomocí soustavy potenciometrových hmatačů.

Při provozu těchto adaptérů patří mezi údržbu kontrola napnutí sběracího pásu, lubrikace řetězů a mazání hnací kardanové hřídele plastickým mazivem.

Samotná sklizeň pomocí sběracího adaptéru probíhá za nižší energetické náročnosti. Uschlá hmota napomáhá snazšímu výmlatu a separaci, zároveň dojde ke snížení potenciálu namotávání se na rotující mechanismy. [CLARKE, 1984]

Posklizňové zbytky se využívají jako krmivo nebo podestýlka, zároveň je lze rozdrtit a distribuovat po pozemku jako organickou hmotu. [WILKINS, 1996]



Obrázek 10 - Sklízecí mlátička agregována sběracím adaptérem

Hmota byla v případě obrázku 10 ukládána na řádek a dále sklizena svinovacím lisem a následně využita jako krmivo.

Dvoufázová sklizeň se v tuzemsku začíná využívat i při sklizni obilnin a olejnin. Velmi přínosná je u řepky olejky. Spodní patra řepky olejky často nedozrají a zůstanou zelená. Příčinou je vysoké zapojení porostu, která v kombinaci s relativně velkou výškou plodiny způsobí nedostatečný přístup slunečního svitu k nižším patřům vegetující rostliny.

V případě dvoufázové sklizně dojde v období mléčné zralosti u obilnin či olejnin k posečení a uložení na řádek. Vzhledem k houževnatosti a kvantitě hmoty se využívá k nasečení speciální stroj. V Česku zatím nenašel oficiální pojmenování, využívá se amerického slova „windrower“. Jedná se o samohybné zařízení, agregované s pásovým žacím adaptérem. [JEDLIČKA, 2022]

Žací adaptér disponuje prstovým žacím ústrojím s přímovratným pohybem. Hmota je pomocí pásů dopravena do zvoleného místa obsluhou. Při konstrukci se využily jako dopravník pryžové pásy z důvodu vysoké šetrnosti vůči sklizené hmotě. Pokud by byl použit například šnekový průběžný dopravník, došlo by nejen k pohybu, ale také ke stlačování hmoty. To s sebou nese riziko poškození květenství a s ním spojené vysoké sklizňové ztráty. [KLINNER, 1979]





*Obrázek 11 - Samojízdný řádkovací stroj při počínající práci na pozemku*

Moderní „windrower“ na obrázku 11 lze nastavovat plně ze stanoviště operátora. Pásky adaptéru pohání rotační hydromotory, díky nimž lze měnit rychlost dopravníků.

Díky absenci mechanické vazby jejich pohonu lze s levým i pravým dopravníkem pohybovat horizontálně vlevo – vpravo. Díky tomu stroj pracuje v režimu, kdy hmotu při vysokém množství dopraví doprostřed. Další možností je doprava materiálu na stranu adaptéru. Takové nastavení je rentabilní zejména v nízkém či řídkém porostu. Hmota je uložena na jeden řádek ze dvou záběrů adaptéru. Operace sklizně se tím stává efektivnější. V případě obrázku 12 docházelo k uložení hmoty do prostřední oblasti adaptéru. [JEDLIČKA, 2022]

Dochází k redukci jízdních linií sklízecí mlátičky a také k optimalizaci zahlcení mlátícího ústrojí.





Obrázek 12 – Stroj Mac Don M1170 NT5 při řádkování porostu pro dvoufázovou sklizeň

Zdroj: <https://www.facebook.com/photo/?fbid=652418866676118&set=pcb.652423876675617>

Takto uložený materiál řepky olejky vlivem slunečního svitu a přerušení vegetačního období vysychá a uměle dozrává. Vysychají a dozrávají též spodní patra rostliny.

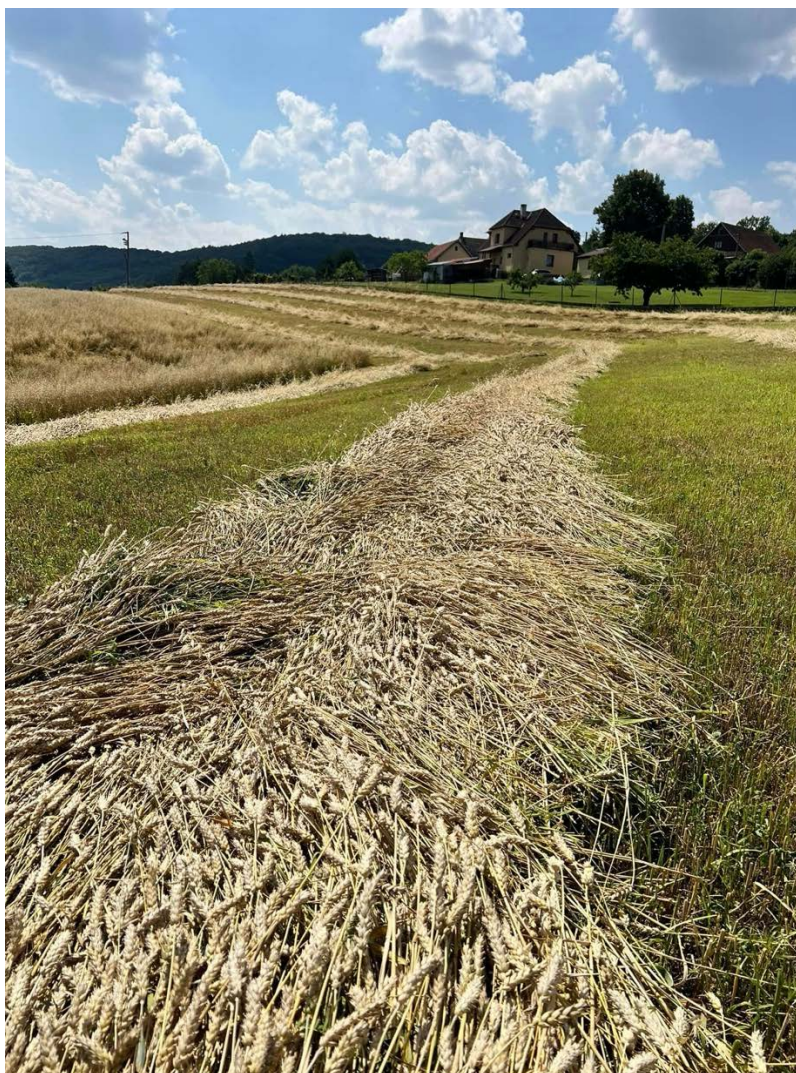
Následuje operace sběru a výmlatu. Ke sklizni se využívá konvenčních sklízecích mlátiček v kombinaci se sběracími adaptéry. Oproti přímé sklizni se sníží energetická náročnost a zvýší pojezdová rychlost. [AUSTIN, 1982]

Sklizňové ztráty se výrazně zredukovaly ze dvou důvodů. Spodní patra řepky jsou zaschlá, čímž lze využít plný potenciál výnosu plodiny. V extrémních případech velmi narostlého porostu, se může jednat až o polovinu šešulí nedozrálých.

Částečně nedozrálý porost způsobuje při přímé jednofázové sklizni adhezi semen na zelenou hmotu. Dochází ke zvyšování ztrát a snížení potenciálu sklízecí mlátičky.

Dvoufázová sklizeň obilnin nachází opodstatnění především u nevyrovnaných porostů s rozdílnou zralostí, či u zaplevelených pozemků například v režimu ekozemědělství. Vzhledem k vlastnostem klasu lze obilniny naséct i v pozdějších fázích vegetace než je mléčná zralost. Na obrázku 13 lze spatřit čerstvě posečený porost pšenice jarní, uložený na řádek pro pozdější sběr. [AUSTIN, 1982]

Nižší tendence vypadávání pozitivně ovlivňuje sklizňové ztráty vzniklé manipulací s rostlinou.



*Obrázek 13 - Porost pšenice jarní při sečení na dvoufázovou sklizeň*

V současnosti dochází k redukci používání desikantů a jiných chemických přípravků pro ošetření rostlin. Tím se podmínky pro sklizeň na území tuzemska zhoršují a jednofázová sklizeň je mnohdy takřka nemožná. Dvoufázová sklizeň tedy představuje možnou cestu netradiční sklizně. [WILKINS, 1996]

### **3.3.2 Sklizeň vyčesávacím adaptérem**

Americký styl sklizně se promítl v tuzemsku nejen do možnosti dvoufázové sklizně, nýbrž se zde začala zkoušet i jednofázová sklizeň vyčesávacím adaptérem. Zda jde o jednofázovou sklizeň či ne nelze jednoznačně určit. Při tomto druhu sklizně dochází k odtržení či stáhnutí klasů ze zbytku rostliny. Rostlina zůstává v zemi neposečena a s velmi vysokým strništěm je nutno dále naložit. Na obrázku 14 lze poznat, že rozdíl mezi



sklizeným a nesklizeným porostem je minimální. Sklizená hmota pouze neobsahuje květenství.



*Obrázek 14 - Porost lnu před a po sklizni vyčesáváním*

V zemích Ameriky a Kanady následuje po sklizni s vyčesávacím adaptérem zpracování půdy strip-till či no-till. V podmínkách České republiky lze s posklizňovými zbytky vynaložit například mulčování nebo zapravením diskovým kypřičem. Poté lze půdu obhospodařovat konvenčním způsobem.

Příčina využívání technologie vyčesávání spočívá zejména v omezení zátěže mláticích a separačních částí sklízecí mlátičky. V případě přítomnosti zelené slámy či plevelů u obilnin dochází k velmi výrazné úspoře paliva. Amortizace jednotlivých mechanismů mlátičky je přímo úměrná množství hmoty procházející ústrojím.

Princip fungování vyčesávacího adaptéru spočívá v oddělení zrna či klasu od zbytku rostliny. Realizace probíhá pomocí rotujícího bubnu, viz obrázek 15, osazeného

vyztuženými ocelovými prsty. Geometrie pohybu bubnu zajistí po průchodu stébel mezi prsty stažení zrna či klasu.



*Obrázek 15 - Buben vyčesávacího adaptéru a deflektorová pohyblivá část*

Následně vlivem reakce na dostředivou sílu dojde k přímočarému pohybu zrna proti směru vektoru pojezdu.

Průběžný šnekový dopravník bez palcového ústrojí dopravuje zrna a klasy do šikmého dopravníku sklízecí mlátičky. Zvolená konstrukce šnekového dopravníku s absencí palcového ústrojí je zapříčiněna povahou dopravovaného materiálu. Jedná se o drobný či sypký materiál s nízkou tendencí namotávání se.

Deflektorový kryt z čela adaptéru lze z kabiny ovládat soustavou hydraulických prvků a přímočarých hydromotorů, jak lze vidět na obrázku 16. Závislou proměnnou pro nastavení deflektoru je výška porostu a poloha adaptéru. Deflektor zabraňuje již staženým zrnům opustit prostor adaptéru, odrazit se od něj a dopadnout zpět na buben či průběžný šnekový dopravník. [JEDLIČKA, 2022]





Obrázek 16 - Deflektorový kryt a ovládací přímočaré hydromotory

Další podstatnou částí je samotný buben vyčesávacího adaptéru. Možnost změny úhlové rychlosti bubnu je realizována změnou převodového poměru mezi hnací a hnanou hřídelí osazenou řemenovým kolem. Pro pozvolný a přirozený doběh vyčesávacího bubnu je hnaná hřídel osazena také volnoběžnou spojkou.

Klasy a zrno následně prochází mlátícím ústrojím a dojde zde k jejich výmlatu, separaci a především k čištění. Sklízecí mlátička v tomto případě představuje z největší části čistidlo, jelikož částečný výmlat se uskutečnil již v adaptéru. Energeticky nejnáročnější operace – výmlat, separace a drcení probíhají u zlomku hmoty oproti tradiční jednofázové sklizni. [JEDLIČKA, 2022]

Kopírování adaptérů nejčastěji zajišťuje soustava opěrných pojezdových kol, pružinového zavěšení nezávislého rámu a vzduchové měchy pro tlumení rázů. Využitý elektronický systém představuje kontrolu otáček průběžného dopravníku. V případě sklizně houževnatých plodin, například lnu, hrozí namotání hmoty a zabránění volného pohybu rotace šnekového dopravníku. Při poklesu otáček je obsluha upozorněna zvukovým signálem a je nucena dojít odstranit namotanou hmotu. [JEDLIČKA, 2022]

### **3.4 Modernizace a automatizace tradiční sklizně**

S modernizací a vývojem variant sklizně jsou spojeny také prvky precizního zemědělství. Obsluze stroje tyto prvky umožňují soustředit se na subjekty, na něž je nutné

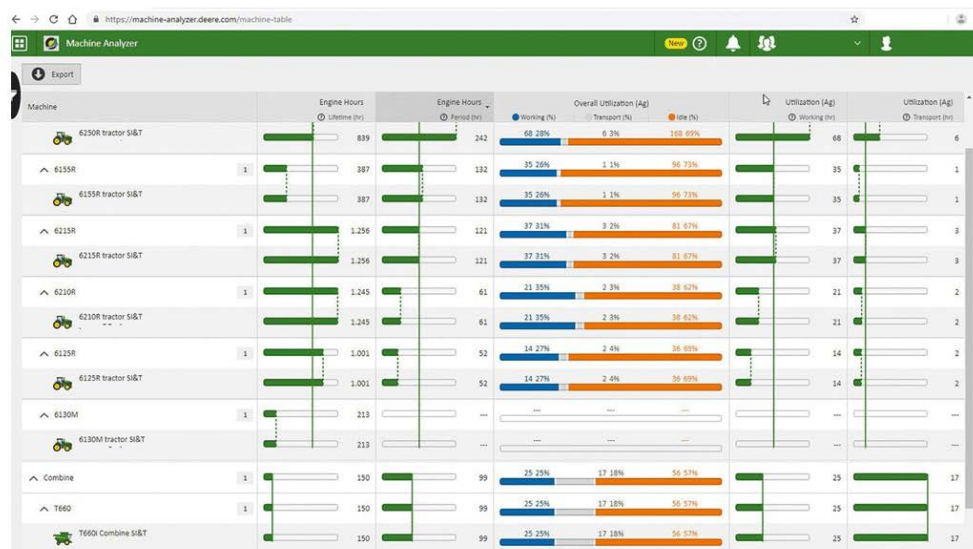
využití lidských smyslů. Zároveň díky nim dochází ke zefektivnění práce, zvyšování výkonnosti a zdokonalování managementu. Soudobé moderní sklízecí mlátičky disponují základními prvky pro precizní zemědělství. Elektronický autopilot instalovaný na jednotce orbitrol se stává běžně montovaným komponentem v základní výbavě moderních sklízecích strojů. [BRÝNA, 2019]

Autopilot pracuje v několika režimech. Podstatou je kvalita zdroje dat pro navádění. Díky soustavě satelitů na oběžné dráze planety Země lze využít satelitního navádění. Při operacích dvoufázové sklizně obsluha dokáže nastavit již při nasečení definované pojezdové linie a následně je přenést do mlátičky se sběracím adaptérem.

Nyní se operátor soustředí primárně na kvalitu práce, stav a kondici stroje a řešení případných problémů. Při sklizni dvoufázovou metodou lze využít laseru jako zdroje dat pro navádění. Diverzita tvaru řádku oproti okolnímu terénu umožňuje softwaru vyhodnotit kde se řádek nachází v reálném čase. [BRÝNA, 2019]

Pro výkon managerské činnosti se využívá telematických systémů. Oprávněná osoba sleduje dění v reálném čase na vzdálené obrazovce či mobilním zařízení. Řídící jednotka stroje odesílá data pomocí mobilní sítě, přenos se realizuje ve velmi rychlém časovém sledu. Manager na svém zařízení sleduje pojezdovou rychlost, aktuální či průměrný výnos, přesnou polohu stroje a jiné provozní parametry. Při zjištění například nízké pojezdové rychlosti může kontaktovat obsluhu stroje a zjistit důvod problému. [NEUBAUER, 2022]

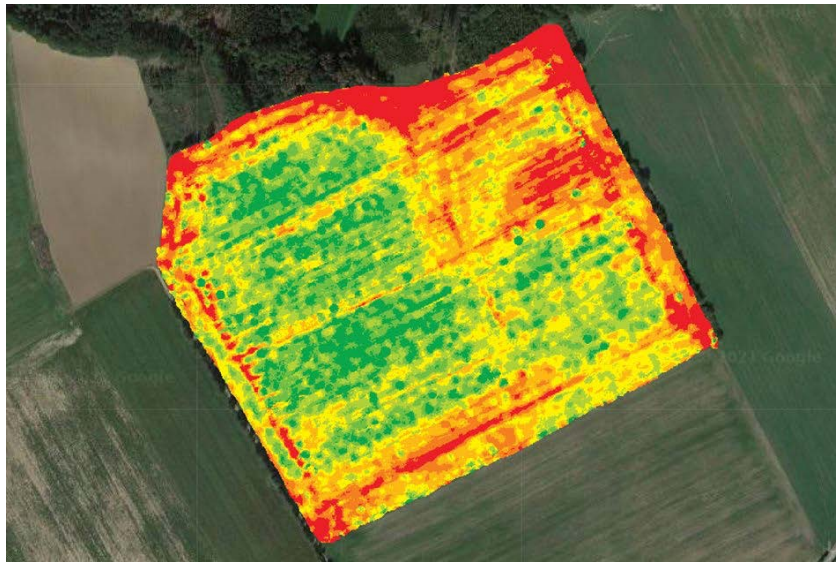
Data o technických problémech mohou být odesílána na servisní středisko. Zde dojde k vyhodnocení chybových kódů a případnému zásahu mobilního technika. Provozovatel také vlastní přístup do tohoto prostředí a data o jednotlivých strojích si může prohlížet například v prostředí laptopu či tabletu jako na obrázku 17. [NEUBAUER, 2022]



Obrázek 17 – Snímek obrazovky z prostředí správy strojů a dat společnosti John Deere  
 Zdroj: <https://www.deere.cz/cs/precizni-rizeni-zemedelskych-praci/spojene-rizeni-farmy/jdlink/>

Data o výnosu zpracovaná v závislosti na poloze utváří výnosovou mapu. Výnosová mapa je důležitým prvkem pro variabilní operace. Mapa vypovídá o stavu pozemku a jeho heterogenitě. Využití softwaru z mapy výnosové utvoří mapu aplikační pro následné využití v jiném stroji. [NEUBAUER, 2022]

Velmi často dochází k variabilnímu hnojení průmyslovými či statkovými hnojivy. Aplikační data monitor stroje zpracuje a pomocí satelitního přijímače dojde k určení polohy soupravy. Díky systému ISOBUS tažný prostředek komunikuje s přípojným zařízením, které je schopno automatickým ovládním měnit dávku v závislosti na poloze. Výnosová mapa lze ilustrovat barevným spektrem jako na obrázku 18. [NEUBAUER, 2022]



Obrázek 18 – Výnosová mapa sklízeného pozemku s barevnou diversifikací

Zdroj: <https://www.strompraha.cz/novinky/v-dolanech-zacali-vyuzivat-vynosove-mapy>



## 4 Vlastní práce

### 4.1 Metodika měření

Pro naměření hodnot bylo využito tradičních i moderních postupů pro zkoumání sklizňových ztrát. Práce v terénu probíhala dle předem stanovených postupů pro co nejvyšší objektivnost výsledků práce. Proměnné byly měřeny a případně zkoumány u tradiční jednofázové přímé sklizně, u sklizně dvoufázové s využitím speciálního řádkovače MacDon M1170 NT5 a u sklizně jednofázové při použití vyčesávacího adaptéru. Všechny výše uvedené způsoby sklizně probíhaly s adaptéry agregovanými na axiálních sklízecích mlátičkách Case IH Axial-Flow.

Při měření byly brány v potaz také ztráty předsklizňové a vyšetřoval se původ ztrát sklizňových. Měření probíhala až po určité době práce sklízecích souprav, aby měla obsluha dostatek času na co nejlepší nastavení adaptéru a ústrojí sklízecí mlátičky. Jednotlivé druhy ztrát byly hledány vždy v celé šířce záběru na ploše o výměře 1 m<sup>2</sup>, či jejich násobcích. Po zastavení sklízecí mlátičky v rámci pojezdové linie bylo na několika místech vizuálně odhalováno množství zrn na podložce.

Počty semen byly evidovány do tabulek a následně statisticky zpracovány. Další metodou měření sklizňových ztrát je využití speciální vaničky. Vanička byla využita ke změření ztrát na vyčesávacím adaptéru a ke kontrole správnosti výsledků předchozího měření.

Při měření sklizňových ztrát bylo uvažováno také se ztrátami předsklizňovými. Zkoumané porosty byly nejprve prozkoumány a případné ztráty zaevidovány. Červencové deště s sebou přinesly také občasná krupobití, čímž došlo k vypadání semen z květenství. Při následném měření sklizňových ztrát umožnila obsluha stroje jeho zastavení uprostřed jízdního pásu.

Následně bylo možno určit původ sklizňových ztrát. Pokud se zrna nacházely mezi adaptérem a zadní částí sklízecí mlátičky, jednalo se o ztráty s původem na sklizňovém adaptéru. V opačném případě se jednalo o ztráty na rotoru či na čistidlech.

Při měření sklizňových ztrát bylo využito především zraku pro odhalení přítomnosti zrnek na povrchu půdy či v posklizňových zbytcích. Na ploše nejčastěji 1m<sup>2</sup> bylo sečteno množství zrn. Následně došlo ke zjištění hodnoty HTS dané plodiny. Poté se pomocí vzorce vypočetla celková hmotnost ztrát z jednoho hektaru sklizené plochy a v závislosti na průměrném výnosu došlo k procentuálnímu vyjádření jednotlivých druhů ztrát. Data o výkonnosti byla čerpána z monitorů jednotlivých sklízecích mlátiček, stejně tak i data o spotřebě a výnosu.

Konfigurace sklízecích mlátiček byla u každého způsobu sklizně odlišná. V případě jednofázové přímé sklizně se z důvodu přítomnosti zelené hmoty a nerovnoměrné zralosti muselo využít agresivnější nastavení mláticího mechanismu sklízecí mlátičky. Díky tomu docházelo k plynulejšímu průchodu materiálu v rovnoměrnější vrstvě. To mělo za důsledek lepší výsledky v oblasti separace a houževnatá hmota byla rozmělněna a usnadnila se tím práce drtiči sklízecí mlátičky. Na druhé straně došlo ke zvýšení energetické náročnosti celé operace sklizně a přítomnost zelené hmoty vedla nevyhnutelně ke vzniku sklizňových ztrát v oblasti výmlatu a separace. Zrna sklizené plodiny se na zelenou hmotu vlivem vyšší adheze nalepí a putují ven ze sklízecí mlátičky spolu s posklizňovými zbytky.

Při dvoufázové sklizni bylo ústrojí sklízecí mlátičky nastaveno šetrněji. Prvním z aspektů byl fakt, že hmota v řádku během doby uložení zaschla včetně plevelů. Dalším aspektem je záběr sklizňového adaptéru. Ten byl v prvním případě 12,2 metru. Nyní je sklízecí mlátička osazena sběračem o záběru 6 metrů. Avšak tento rozměr není v případě dvoufázové sklizně rozhodující. Je nutno zde brát v potaz šířku adaptéru, jímž byla hmota nasekána a uložena na řádek. V tomto případě má adaptér MacDon D125X záběr 7,5 metrů.

Potenciálně tedy sklízecí mlátička pojedje vyšší pojezdovou rychlostí z důvodu nižší houževnatosti a menšího záběru. V oblasti výmlatu a separace došlo k povolení mláticího koše na vyšší mezeru a snížení otáček rotoru. Hmota je díky své vyšší suchosti náchylnější k omlatu, což může zapříčinit přetěžování čistidel. Právě v oblasti čistidel je při dvoufázové sklizni nutno nastavit vyšší hodnoty otevření žaluziových sít a otáček

ventilátoru. Sklizená hmota byla následně drcena, stejně jako při přímé sklizni. [JEDLIČKA, 2022]

Pro práci s vyčesávacím adaptérem je nutno sklízecí mlátičku nastavit diametrálně odlišně oproti předchozím způsobům sklizně. Sklízecí mlátička agregovaná s vyčesávacím adaptérem nepracuje s žádným, či minimálním množstvím stonků. Stonky rostlin představují při sklizni největší procento posklizňových zbytků. Oblast mlácení i separace, což znamená u axiálních sklízecích mlátiček oblast rotoru, je zde nutno přizpůsobit. Mezeru mezi košem a bubnem je zapotřebí stáhnout na minimum, aby docházelo k vytírání zrna a jeho oddělení od plev. Hlavní roli v případě sklizně vyčesávacím adaptérem hraje právě adaptér, jež oddělí zrna od zbytku rostliny a také čistidla. Ta by měla zajistit co nejdokonalejší čistotu z důvodu absence omlatu či jeho minimální přítomnosti.

## **4.2 Podmínky při sbírání dat**

### **4.2.1 Sklizeň pšenice jarní pomocí jednofázové přímé sklizně**

Přímá sklizeň probíhala se sklízecí mlátičkou Case IH Axial-Flow 9240 na Mělnicku, poblíž obce Zálezlice. Stroj byl agregován se sklizňovým adaptérem MacDon FD75 o záběru 12,2m. Sklizňové podmínky zde narušily červencové deště, jež zapříčinily nadměrné zaplevelení porostu pšenice jarní a nerovnoměrné dozrávání.

Došlo k měření vlhkosti zrna před a po sklizni, kontrole a vyčíslení sklizňových ztrát a evidenci měrné spotřeby paliva na jednotku plochy včetně plošné výkonnosti.

### **4.2.2 Sklizeň pšenice jarní dvoufázovou sklizní**

Další měření proběhlo ve Středočeském kraji v katastru obce Vlkančice. Zde se nacházel porost pšenice jarní ve velmi podobném stavu jako na Mělnicku. Tento porost byl posečen a uložen na řádek pro pozdnější dvoufázovou sklizeň.



*Obrázek 19 - Žací stroj při řádkování porostu pšenice jarní v lokalitě Vlkančice*

Při dvoufázové sklizni bylo využito strojů MacDon M1170 NT5 s pásovým adaptérem MacDon D125X o záběru 7,5 metru, jež lze vidět při práci na pozemku na obrázku 19. Došlo k evidenci měrné spotřeby paliva na plochu a také plošné výkonnosti. Následný výmlat proběhl za pomoci sklízecí mlátičky Case IH Axial-Flow 9250 a sběracího adaptéru Ziegler ZPU 6001 o záběru 6 metrů.

#### **4.2.3 Sklizeň lnu setého pomocí vyčesávacího adaptéru**

Měření spojená s jednofázovou sklizní s využitím vyčesávacího adaptéru probíhala u města Opočno při sklizni lnu setého. Porost lnu byl nejprve sklizen tradiční jednofázovou sklizní s využitím adaptéru pro přímou sklizeň.

Vlivem vysoké pevnosti a houževnatosti vláken lnu došlo k nadměrné zátěži a poškození mechanismu pohonu žací lišty. Z tohoto důvodu bylo zvoleno řešení sklizně za pomoci vyčesávacího adaptéru. Porost lnu disponoval vysokou čistotou.



*Obrázek 20 - Sklízecí mlátička s vyčesávacím adaptérem při sklizni lnu setého*

Sláma byla zelená a houževnatá, v pozdějším stádiu vegetace sláma zkřehne, avšak zvyšuje se zde riziko puknutí tobolek a jejich pádu na zem. Sklizeň proběhla s využitím strojů Case IH Axial-Flow 8250 a vyčesávacího adaptéru OZON ruského výrobce PJSC Penzmash o záběru 8 metrů. Souprava při práci je zachycena na obrázku 20.

## 5 Vyhodnocení získaných dat

Tabulka představuje uspořádané hodnoty jednotlivých zkoumaných proměnných po statistické úpravě výsledků. Hodnoty průměrného výnosu, plošné výkonnosti a měrné spotřeby paliva byly vyňaty z pracovních monitorů sklizňových strojů. Hodnoty HTS byly získány pomocí hmotnosti napočítaných tisíců semen. Následně byly tyto zjištěné hodnoty porovnány s hodnotami udávanými pro osiva daných odrůd.

### 5.1 Tabulka statisticky vyhodnocených naměřených hodnot

	Přímá sklizeň	Dvoufázová sklizeň	Sklizeň vyčesávacím adaptérem
Počet semen v nesklizeném porostu [1/m <sup>2</sup> ]	12	2	3
Počet semen za sklizňovým adaptérem [1/m <sup>2</sup> ]	31	27	41
Počet semen za sklízecí mlátičkou [1/m <sup>2</sup> ]	96	36	64
Celkový počet zrn sklizňových ztrát [1/m <sup>2</sup> ]	84	34	61
Průměrný výnos [q/ha]	45	43	14
Hmotnost tisíce semen [g]	41	40	6,6
Plošná výkonnost [ha/hod]	3,1	4,9	3,3
Měrná spotřeba paliva [l/ha]	29,1	14,1	13,7

Tabulka 1 - Naměřená data při práci v terénu

Tabulka 1 obsahuje data, naměřená při práci v terénu a data vyňatá z pracovních monitorů sklízecích mlátiček. Během měření docházelo k co nejrozmanitější povaze měřených dat. Hodnoty byly získávány na místech s různými extrémními podmínkami pro zjištění ovlivňujících faktorů.

Naměřené hodnoty byly využity k určení několika druhů ztrát pomocí následujících vztahů.

$$Z_c = \frac{P_z \times HTS}{V_p}$$

Kde  $Z_c$  představuje celkové relativní ztráty v procentech,  $P_z$  počet zrn napočítaný u daného druhu ztrát,  $HTS$  naměřenou hmotnost tisíce semen v gramech a  $V_p$  průměrný výnos v kilogramech.

## 5.2 Porovnání celkových sklizňových ztrát u jednotlivých způsobů sklizně



Graf č. 2 Porovnání celkových sklizňových ztrát

Černý sloupec grafu č. 2 znázorňuje procentuální vyjádření relativních sklizňových ztrát při využití přímé sklizně pšenice jarní. Sklizňové ztráty se limitně blíží 0,8 %. Obecný limit sklizňových ztrát se udává 1 %. Znamená to, že obsluha stroje dodržela stanovený limit a přizpůsobila dostatečně pojezdovou rychlost a nastavení sklízecí mlátičky daným podmínkám.

Sloupec červené barvy představuje relativní vyjádření celkových ztrát při využití dvoufázové sklizně porostu pšenice jarní. Procentuální vyčíslení ztrát při dvoufázové sklizni dosahuje 0,316 %. Oproti tradičnímu způsobu přímé sklizně tedy lze říct, že ztráty mohou být až poloviční.

Hmota v řádku pro dvoufázovou sklizeň disponuje vyšším obsahem sušiny, díky čemuž dochází snadněji k výmlatu. I přes přítomnost plevelů a zelené hmoty v obou porostech registrujeme o 58,68 % nižší sklizňové ztráty při využití právě zmiňované dvoufázové sklizně. Vzniklé ztráty navíc byly při zkoumání odhaleny především v prostoru pod řádkem. Vznik ztrát byl tedy zapříčiněn nadměrnou manipulací s hmotou při ukládání na řádek a následném sběru.



Modrý sloupec vyobrazuje relativní celkové sklizňové ztráty při sklizni lnu setého vyčesávacím adaptérem. V průběhu práce stroje bylo naměřeno několik hodnot za pomoci sběrné vaničky pro zjištění sklizňových ztrát.



Obrázek 21 - Sběrná vanička umístěná v linii sklízecí mlátičky při práci

Po vyčíslení a výpočtu byla zjištěna relativní hodnota sklizňových ztrát 0,288 %. Jedná se o nejnižší vypočtenou hodnotu ze všech zkoumaných způsobů sklizně. Sklizený porost lnu setého však disponoval nejvyšší čistotou a homogenitou. Měření bylo negativně ovlivňováno povětrnostními vlivy, zejména větrem, jež měl za důsledek odnos lehkých semen lnu mimo jízdní linii. V takových podmínkách nebylo možno určit objektivní výsledek měření, bylo proto nutno zkoumání odložit na další den, kdy vítr ustal. Obsluha stroje důsledně dbala na správnou polohu deflektoru ovládaného pomocí přímočarých hydromotorů v závislosti na vertikální poloze adaptéru. Při nedodržení správné polohy docházelo k nárůstu sklizňových ztrát na sklizňovém vyčesávacím adaptéru. Semena a tobolky byly vlivem reakce na dostředivou sílu odhazovány před adaptér a po dopadu na zem je již nebylo možno sklídit.



### 5.3 Porovnání relativních ztrát z ústrojí sklízecí mlátičky a sklizňového adaptéru

Tabulka níže obsahuje upravená data získaná při jednotlivých terénních testech. Při zkoumání byly pozorovány sklizňové ztráty s původem na sklizňovém adaptéru. Takový druh ztrát byl odhalen v příčném páse na rozmezí čelní části sklizňového adaptéru a rozmetených posklizňových zbytků. Ztráty z ústrojí sklízecí mlátičky bylo nutno dopočítávat po zjištění ztrát celkových. V prostoru za sklízecí mlátičkou se totiž nacházely ztráty předsklizňové, ztráty z adaptéru a také ze ústrojí pro mlácení, separaci a čištění. Pro výpočet správných hodnot bylo využito následujících vztahů.

$$Z_A = Z_{An} - Z_P$$

Ve vztahu výše jsou vypočítávány ztráty ze sklizňového adaptéru  $Z_A$ . Při výpočtu dojde k odečtení hodnot počtu zrn za sklizňovým adaptérem  $Z_{An}$  a hodnoty počtu zrn předsklizňových ztrát v nesklizeném porostu  $Z_P$ .

$$Z_M = Z_C - Z_A - Z_P$$

Odvozená rovnice definuje vztah pro výpočet ztrát z ústrojí sklízecí mlátičky  $Z_M$ . Proměnná  $Z_C$  představuje celkový počet zrn napočítaný za sklízecí mlátičkou, reálně se jedná o součet sklizňových a předsklizňových ztrát. Od celkového počtu zrn je nutno odečíst hodnotu ztrát na adaptéru a hodnotu  $Z_P$ , představující ztráty předsklizňové.

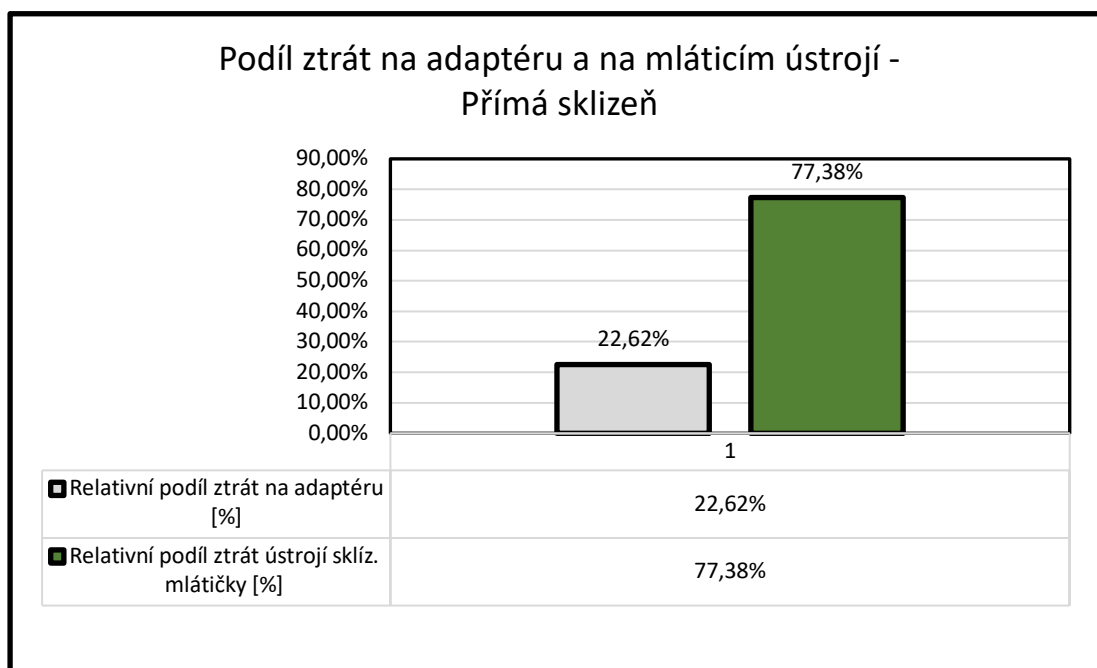
## 5.4 Vypočtené hodnoty sklizňových ztrát na adaptéru a z ústrojí sklízecí mlátičky

Tabulka 2 byla vytvořena za pomoci využití naměřených hodnot v terénu a základních vzorců pro výpočet relativních podílů ztrát.

	Přímá sklizeň	Dvoufázová sklizeň	Sklizeň vyčesávacím adaptérem
Ztráty na sklizňovém adaptéru [1/m <sup>2</sup> ]	19	25	38
Ztráty na ústrojí sklízecí mlátičky [1/m <sup>2</sup> ]	65	9	23
Relativní podíl ztrát na adaptéru [%]	22,62%	73,53%	62,30%
Relativní podíl ztrát ústrojí sklíz. mlátičky [%]	77,38%	26,47%	37,70%

Tabulka 2 - Porovnání hodnot ztrát na sklizňovém adaptéru a za sklízecí mlátičkou

### 5.4.1 Grafické znázornění podílu ztrát sklízecí mlátičky a adaptéru



Graf č. 3 - Porovnání ztrát na adaptéru a ústrojí sklízecí mlátičky při přímé sklizni

Dvojice sloupců s číslem 1, černě olemovaná, představuje grafické znázornění zastoupení hlavních původů ztrát při sklizni tradiční – jednofázové přímé. Z grafu lze vyčíst vysoké poměrné zastoupení ztrát s původem v ústrojí sklízecí mlátičky. Sklízecí mlátička Case IH Axial-Flow 9240 disponuje axiálním mláticím ústrojím. Při výmlatu a separaci zde dochází k vytírání jednotlivých vrstev materiálu a jeho pročešávání. Sklizený porost pšenice jarní disponoval přítomností zelené hmoty částečně ve stoncích sklizené plodiny,

dále také v plevelech přítomných na pozemku. Porost pšenice jarní nebyl lehlý ani prolehaný, čímž se eliminoval vznik ztrát na sklizňovém adaptéru. Pokud by zde bylo nutno využít agresivněji přiháněč pro zdvihnutí stonků ze země, znamenalo by to nárůst sklizňových ztrát v oblasti adaptéru. Ztráty na sklizňovém adaptéru pro přímou sklizeň zastupovaly celkové ztráty sklizňové z 22,62 %.

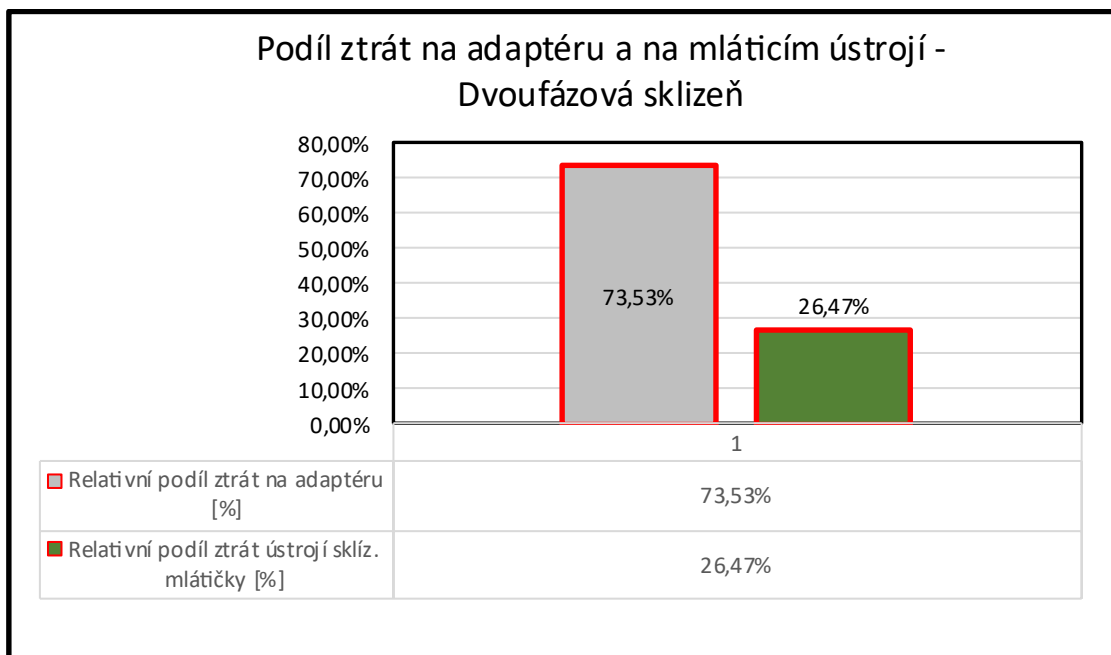
Naproti tomu ztráty na ústrojí mláčení, separace a čištění dosahovaly 77,38% relativně. Příčinou byla z nejvyšší části přítomnost zelené hmoty, na niž se vymláčená semena nalepila a dále již neproběhla jejich separace z posklizňových zbytků. Zrna následně prošla drtícím zařízením a byla rozhozena rozmetači spolu s rostlinnými zbytky po pozemku. Odhalit jejich přítomnost bylo časově i technicky náročné. Rozhozený materiál bylo nutno ručně rozmělnit a spočítat množství semen. Po otevření bočních krytů sklízecí mlátičky bylo odhaleno částečné ucpání mláticích a separačních košů vlivem mokré hmoty. Následkem bylo omezení plochy separace a i přes velmi agresivní nastavení sklízecí mlátičky došlo k nárůstu sklizňových ztrát.

Během měření došlo také k poruše mechanismu rozmetání rostlinných zbytků. Vlivem vysokého odporu vlhké hmoty se poškodila tlaková hydraulická hadice, vedoucí k rotačním hydromotorům pro pohon rozmetače viz obrázek 22. Následkem poškození sklízecí mlátička přišla o veškerou hydraulickou náplň. Obsluha stroje následně poškozenou hadici vymontovala a sklizeň pokračovala následující den.



*Obrázek 22 - Poškozené hydraulické vedení a rozdrčená zelená sklízená hmota*

## 5.5 Srovnání původů ztrát při dvoufázové sklizni



Graf č. 4 - Srovnání dvou hlavních původů ztrát při dvoufázové sklizni

Dvojice sloupcových grafů v grafu č. 4, červeně olemovaných, znázorňuje poměrné zastoupení sklizňových ztrát u sklizně dvoufázové. S poměrným zastoupením 73,53 % disponují ztráty na adaptéru. V případě dvoufázové sklizně docházelo ke dvojím ztrátám na adaptéru. První byly zaznamenány již při sečení a ukládání hmoty na řádek viz obrázek 23. Vzhledem k nízké zralosti porostu však tyto ztráty byly doslova zanedbatelné. Po uschnutí a umělém slunečním dozrání došlo ke sběru hmoty a jejímu výmlatu. Při odhalování ztrát bylo nutno mlátičku zastavit uvnitř pojezdové linie a odjet. Veškeré ztráty s původem na sběracím adaptéru se nacházely pod strojem a bylo téměř nemožné je objektivně vyhodnotit. V místě měření se vyskytuje velké množství lesní zvěře. Lze tedy předpokládat, že některé vysoké naměřené hodnoty byly způsobeny právě přítomností a pohybem zvěře v uloženém řádku. Vysoké zastoupení ztrát na sběracím adaptéru bylo s největší pravděpodobností zapříčiněno manipulací s uschlou hmotou, náchylnou k lámání a vysemeňování.

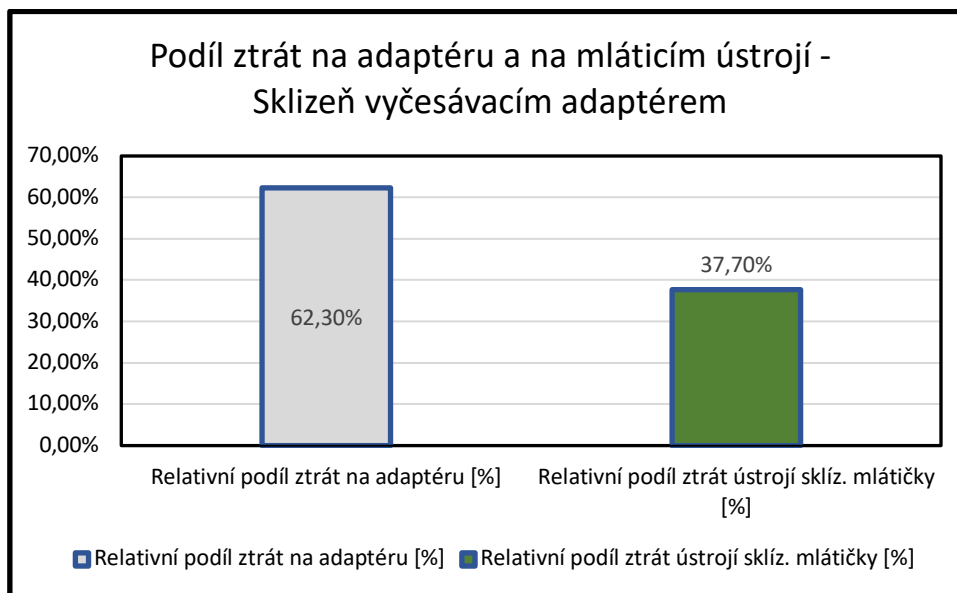


*Obrázek 23 - Posečená hmota pšenice jarní uložená na řádek*

Ztráty na sklízecí mlátičce pocházely dle slov obsluhy především z oblasti čistidel. Ušchlá hmota byla náchylnější k omlatu, následkem čehož byla čistidla pokryta vysokou vrstvou materiálu. Bylo nutno zvýšit otáčky ventilátoru a zvětšit mezeru na úhrabečném a zrnovém sítu. Čistota materiálu dosahovala dle dat z posklizňové linky čistoty 96 %. Sklízecí mlátička byla vybavena automatickým systémem upravování nastavení ústrojí. Systém byl po celou dobu měření plně funkční a díky homogenní vlhkosti nebylo nutno nastavení mlátičky nijak zásadně v průběhu práce upravovat.



## 5.6 Porovnání ztrát při využití sklizně vyčesávacím adaptérem



Graf č. 5 - Srovnání ztrát při využití sklizně vyčesávacím adaptérem

Modře olemovaná dvojice sloupců v grafu č. 5 ilustruje poměr ztrát při využití vyčesávacího adaptéru pro sklizeň Inu setého. Ztráty byly odhalovány opět více způsoby pro dosažení objektivních výsledků.



Obrázek 24 - Speciální vanička využitá pro měření ztrát na sklizňovém adaptéru

Z grafu lze vyčíst, že ztráty na adaptéru vykazovaly relativní hodnotu 62,3 %. Čím déle sklizeň v porostu disponujícím zelenými stonky probíhala, tím více narůstaly celkové sklizňové ztráty. Původ byl na vyčesávacím adaptéru, což bylo zjištěno za využití speciální



vaničky viz obrázek 24. Vlivem otěru zeleného materiálu o prsty rotoru adaptéru postupně docházelo k vrstvení hmoty na jednotlivé prsty. Plocha prstu, jež zajišťuje sražení a distribuci zrna dovnitř adaptéru, byla zakryta vrstvou ve tvaru trojbokého hranolu. Z jedné plochy, kolmé na vektor pohybu rotoru se staly dvě plochy mírně nakloněné.



*Obrázek 25 - Prsty bubnu vyčesávacího adaptéru s vrstvou usazenin*

Následkem toho docházelo k disfunkci rotoru a semena byla distribuována různými směry, což mělo za důsledek nárůst ztrát v oblasti adaptéru. Obsluha stroje byla nucena stroj zastavit a rotor důsledně očistit. Po tomto zákroku sklizňové ztráty klesly. Vyšší podíl ztrát na vyčesávacím adaptéru je způsoben charakteristikou činnosti adaptéru. Adaptér, jež lze vidět na obrázku 26, zajišťuje částečně také výmlat rostliny, tudíž je zde větší potenciál vysemenění.

Ztráty na sklízecí mlátičce dosahují hodnoty 37,70 %. Po vyjmutí dat z pracovního monitoru stroje bylo zjištěno, že většina ztrát pocházela dle nárazových senzorů z prostoru čistidel. Právě čistidla, tedy síta a ventilátor, při výmlatu s využitím vyčesávacího adaptéru, jsou na sklízecí mlátičce nejvíce využívána. Díky využití vyčesávacího adaptéru bylo dosaženo čistoty 91 %. Při využití přímé sklizně Inu

v předchozích letech bylo dosaženo čistoty kolem 83-85 %. Nižší množství hmoty ve sklízecí mlátičce má za důsledek větší prostor pro lepší čištění.



Obrázek 26 - Zjišťování měrného počtu zrn na plochu s využitím speciální vaničky

## 5.7 Srovnání nárůstu vlhkostí zrna při jednotlivých variantách sklizně

	Přímá sklizeň	Dvoufázová sklizeň	Sklizeň vyčesávacím adaptérem
Vlhkost zrna před sklizní [%]	12,10%	11,10%	7,10%
Vlhkost zrna v zásobníku zrna po sklizni[%]	15,40%	11,60%	7,90%
Relativní nárůst vlhkosti [%]	27,27%	4,50%	11,27%

Tabulka 3 - Statisticky zpracované naměřené hodnoty vlhkostí

Tabulka 3 obsahuje data naměřená v terénu. Vlhkost zrna před sklizní byla měřena pomocí kalibrovaného ručního měřiče vlhkosti. Zrno bylo droleno ručně v nylonových rukavicích, čímž byl zamezen kontakt vlhké pokožky s materiálem. Měřeno bylo vždy pět vzorků. Ze všech vlhkostí byl následně vypočten aritmetický průměr.

Pro naměření vlhkostí zrna po sklizni bylo využito stejného ručního měřiče vlhkosti. Protože přímá a dvoufázová sklizeň probíhala na porostech pšenice jarní a vyčesávací adaptér sklízela porost lnu setého, byla pro objektivní zhodnocení zvolena metoda relativních nárůstů.

Vypočten byl z následujícího vztahu.

$$N_R = \frac{V_{Po} - V_{Před}}{V_{Před}}$$

Ve vztahu veličina  $N_R$  představuje vypočtený relativní nárůst vlhkosti.  $V_{Po}$  je hodnota vlhkosti po sklizni v jednotkách procent.  $V_{Před}$  představuje hodnotu vlhkosti naměřenou po manuálním vydrolení před sklizní. Výsledkem je desetinné číslo, jež je zapotřebí převést na hodnotu v procentech.

### 5.8 Graf relativního nárůstu vlhkosti



Graf č. 6 - Relativní nárůst vlhkostí při jednotlivých sklizních

Černý sloupec zobrazuje nárůst vlhkosti při využití přímé sklizně. Nárůst přesahuje 25 %, což je z hlediska posklizňového hospodářství a uskladnění poměrně závažná hodnota. Fakt, že pro sklizeň byla využita sklízecí mlátička s axiálním mláticím ústrojím, potvrzuje teoretické předpoklady. Axiální sklízecí mlátička využívá k výmlatu tření vrstev materiálu. V případě sledovaného porostu napomohlo tření materiálu k jeho poškozování a uvolňování vlhkosti. Sklizené zrno se nacházelo uvnitř tohoto materiálu. Vyřatá vlhkost se následně vlivem otěru a míchání předala na povrch jednotlivých zrn, následkem čehož došlo k výraznému nárůstu vlhkosti zrna. Materiál sklízecí mlátička vlivem vysoké hmotnosti zeleného omlatu nebyla schopna dokonale vyčistit.



V zásobníku zrna bylo možno vidět části poškozených stonků plevelů a nedozrálých stonků pšenice jarní. Při následném měření vlhkosti byly nečistoty ze vzorků odstraněny pro dosažení objektivních výsledků.

Červený sloupec grafu znázorňuje nárůst vlhkosti při využití dvoufázové sklizně. Jedná se o nejnižší nárůst vlhkosti ze všech zkoumaných způsobů. Nasečený materiál uložený v řádku i přes obsah nedozrálé hmoty a plevelů snížil svou celkovou vlhkost vlivem přerušení vegetace. Díky pauze mezi nasečením, viz obrázek 27, a sběrem pomocí sběracího adaptéru pro dvoufázovou sklizeň materiál vlivem slunečního svitu a větru vyschl. Nižší vlhkost stonků a listů rostlin pozitivně ovlivňuje výmlat zrna. Materiál se stává křehčím a méně houževnatým. Klesá také potenciál adheze hmoty k zrnu. Díky nízké vlhkosti nedochází k předávání a navyšování vlhkosti zrna takovým způsobem, jako v případě sklizně přímé.

V zásobníku zrna se nacházel pouze zlomek zelených nečistot. Nečistoty pocházely zejména ze dna řádku, kam nejhůře proniklo sluneční záření a materiál měl zde tendenci k zapaření se.



*Obrázek 27 - Detail materiálu při nasečení a uložení do řádku*

Modrý sloupec č. 3 představuje relativní nárůst vlhkosti při sklizni s využitím vyčesávacího adaptéru. Nárůst v tomto případě byl vyčíslen na 11,27 %. Jedná se o lehce vyšší nárůst oproti sklizni dvoufázové. Porost Inu setého disponoval taktéž podílem zelené hmoty v podobě nedozrálých stonků. I přes tento fakt nebyla vlhkost o sklizni zásadně vyšší. Vyčesávací adaptér stáhne zrna či květenství ze stonku a samotné zrno tím přijde do kontaktu pouze s horní částí rostliny. Při využití přímé sklizně a využití stávající mlátičky Case IH Axial-Flow 8250 s axiálním sklízecím ústrojím, by zrno přišlo do kontaktu s celou useknutou rostlinou. I přes vysoký obsah zelené hmoty bylo možno sklizené semeno Inu setého uskladnit v hale bez nutnosti sušení.

Při sklizni sklízecí mlátička zajišťovala velmi dobrou čistotu zrna. Horní část stonků rostlin je vlivem povětrnostních vlivů nejsušší. Díky tomu byla čistidla schopna lehký omlat vytrít od semen. Vyčesávací adaptér zajistil také minimální průchodnost hmoty sklízecí mlátičkou. Následkem toho došlo k vytvoření velmi malého množství omlatu. Vrstva materiálu v oblasti síťové skříně byla oproti zbylým způsobům sklizně nízká.



## 5.9 Porovnání spotřeby paliva a plošné výkonnosti jednotlivých způsobů sklizně

Další zkoumanou proměnnou při měření byla měrná spotřeba paliva. Díky moderním systémům, především pracovním monitorům, jsme tuto veličinu schopni snadno zaznamenat. Data z průtokoměru na palivovém vedení putují přes sběrnice až do hardwaru monitoru, kde jsou zpracovány a ukládány. V závislosti na čase a na poloze je lze vyhodnocovat také na výnosových mapách. Vzhledem k povaze měření a stavu sklizených pozemků byla data vyňata v průměrných hodnotách za pozemek.

Správnost hodnot obsluha stroje následně porovnávala při doplňování pohonných hmot. Hodnota spotřebovaného paliva od posledního doplnění se od reálné hodnoty lišila o 1,12%. Pro povahu porovnání se tato data pohybují v přípustných odchylkách.

Data o spotřebě paliva úzce souvisí s energetickou náročností každého způsobu sklizně. Plošná výkonnost souvisí se spotřebou paliva v ohledu potenciálu stroje. Je-li dodržen předpoklad, že sklízecí mlátička sklídí za hodinu plochu, předpokládanou výrobcem v daných podmínkách, měrná spotřeba bude odpovídat relativně tabulkovým hodnotám. Naskytne-li se však aspekt, jež tomuto předpokladu zabraňuje a snižuje se plošná výkonnost mlátičky, spotřeba na plochu naroste.

Při všech způsobech sklizně byla v porostu přítomna zelená hmota, což má za následek potenciální nárůst spotřeby paliva a zvýšení energetické náročnosti.

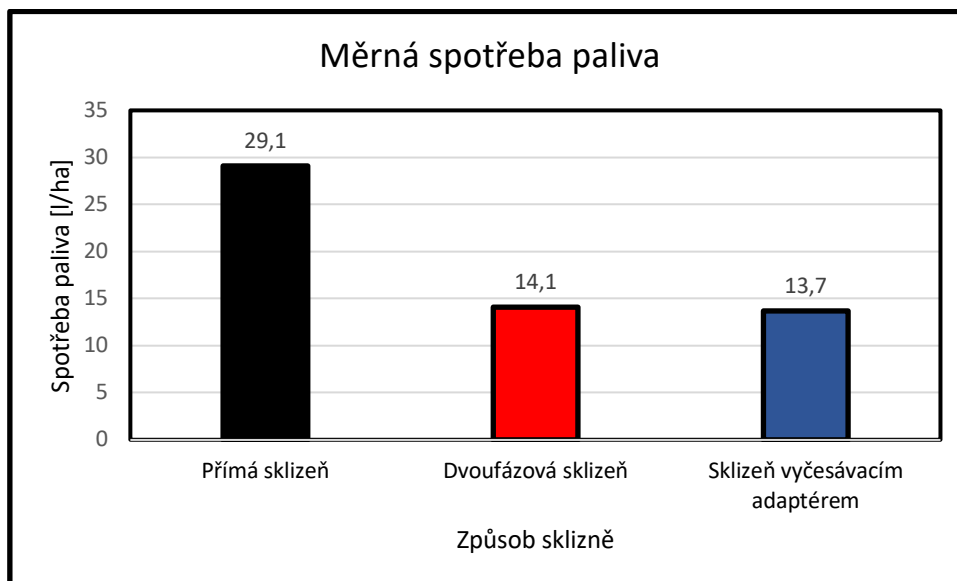
## 5.10 Tabulka hodnot měrné spotřeby paliva na plochu

	Přímá sklizeň	Dvoufázová sklizeň	Sklizeň vyčesávacím adaptérem
Plošná výkonnost [ha/hod]	3,1	4,9	3,3
Měrná spotřeba paliva [l/ha]	29,1	14,1	13,7

Tabulka 4 - Data o spotřebě a plošném výkonu sklízecích mlátiček

Tabulka 4 obsahuje data, získaná při zjišťování plošné výkonnosti a spotřeby paliva. Data o plošné výkonnosti zpracovala sklízecí mlátička na základě polohy z přijímače GPS. Při nevyužití plného záběru stroj automaticky snížil záběr adaptéru na využívanou reálnou hodnotu. V kombinaci s pojezdovou rychlostí software vypočítává aktuální a průměrnou plošnou výkonnost.

## 5.11 Porovnání spotřeby paliva na hektar při jednotlivých sklizních



Graf č. 7 - Grafické porovnání měrných spotřeb paliva na jednotku plochy

Z grafu č. 7 lze vyčíst, že nejvyšší měrná spotřeba na hektar sklizené plochy byla dosažena při sklizni přímé. Hodnota 29,1 l/ha se od zbylých dvou způsobů sklizně liší o více než 100%. Důvodem je opět kombinace mnoha faktorů. Porost pšenice jarní obsahoval zelené plevele, spolu s heterogenní zralostí v rámci pozemku, představoval materiál obtížný pro výmlat. Pozemek byl následně podmítán radličkovým kypřičem, přičemž drcení muselo být na co nejlepší úrovni. Protiostří drtiče vysunula obsluha na hodnotu 100%. Sklízecí ústrojí vykazovalo poměrně agresivní nastavení pro dosažení co nejnižších ztrát při částečně zeleném porostu. Kombinace těchto faktorů vedla k vysoké energetické náročnosti v oblasti rotoru. Pohonný agregát sklízecí mlátičky dosahoval hodnot zatížení kolem 100% a hodinová spotřeba paliva hodnot přes 100 l/hod. Drcení houževnaté zelené či nazelenalé hmoty vyžaduje velké množství energie. Obzvláště při plném záběru protiostří drtiče. Vlivem vysokého odporu obsluha musela snížit pojezdovou rychlost. V oblasti adaptéru docházelo k nerovnoměrnému podávání materiálu do šikmého dopravníku. To mělo za následek pulsující přetěžování mláticího ústrojí a s ním také vznik sklizňových ztrát.

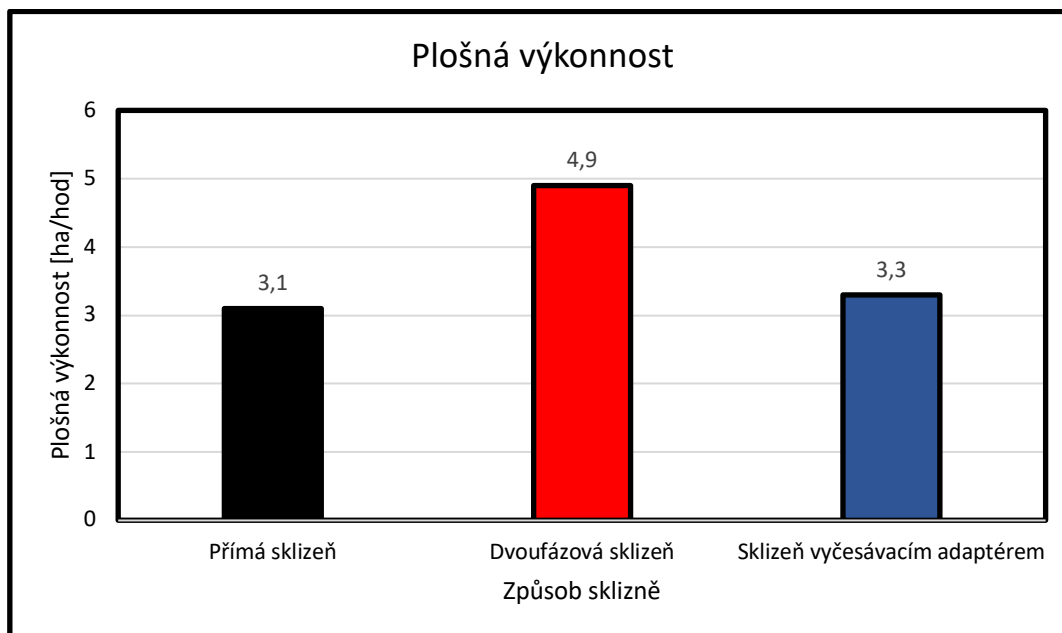
Při dvoufázové sklizni sklízecí mlátička dosáhla průměrné hodnoty spotřeby na daném pozemku 14,1 l/ha. Díky možnosti vyschnutí materiálu po přerušení vegetace

dosáhl materiál optimálnější konzistence pro výmlat. Sběrací adaptér disponuje nejnižší energetickou náročností z důvodu malého záběru a konstrukční jednoduchosti. Vyschlý materiál je snazší pro výmlat i separaci. Z toho důvodu nebylo nutno agresivně nastavovat mlátící ústrojí a snížit tak energetickou náročnost. Pro provedení dvoufázové sklizně se však materiál nejdříve poseče. V tomto případě při využití speciálního stroje „windrower“ Mac Don M1170 NT5 dosahovala měrná spotřeba při sečení 3,4 l/ha. Po sečení měrných spotřeb při sečení a sklizni vyjde hodnota 17,5 l/ha. Oproti přímé sklizni se v případě zeleného či plevelnatého porostu jedná o energeticky méně náročný způsob sklizně. Nevýhodou je fakt, že zde dochází ke dvěma přejezdům po pozemku. Při aplikaci metody na vzdálených pozemcích by se z ekonomické stránky mělo počítat také s časem a palivem spotřebovaným při přejezdu.

Při sklizni vyčesávacím adaptérem měrná spotřeba na hektar dosáhla hodnoty 13,7 l/ha. Jedná se o nejúspornější metodu sklizně v daných podmínkách. Samotný adaptér má však oproti sběracímu adaptéru a adaptéru pro přímou sklizeň nejvyšší energetickou náročnost. Ta je zapříčiněna především odporem bubnu adaptéru vůči stéblům rostlin. Ústrojí sklízecí mlátičky při využití této sklizně vykazuje minimální zátěž v oblasti rotoru. V oblasti síťové skříně se vzhledem ke stavu porostu a množství omlatu pohybujeme v podobné zátěži jako při sklizni přímé. Oproti zbylým dvěma způsobům se zde musí počítat se zásadním rozdílem. Při sklizni nedochází k drcení posklizňových zbytků, ani k jejich sečení. Hmotu zůstává ve stavu jako během vegetace, pouze bez květenství. Jak bylo zjištěno během přímé sklizně, drcení je velice energeticky náročná činnost. V tomto případě při sklizni odpadá část energie potřebné pro manipulaci s posklizňovými zbytky. Díky tomu se sníží celková měrná spotřeba. Otázkou je, jak s materiálem dále vynaložit. Jednou z možností je využití metody strip-till či no-till. V takovém případě energetické náklady zůstávají na stejné úrovni. Stébla rostlin navíc napomáhají vodě k lepšímu průniku do půdy. V případě konvenčního zpracování půdy je zapotřebí hmotu zapravit či dopravit pryč z pozemku. Řešením je využití mulčovacího zařízení, přičemž spotřeba zde limituje 15-20 l/ha. Po sečení spotřeb sklizně a mulčování vyjde hodnota srovnatelná či vyšší než při přímé sklizni. Dalším řešením je časový odklad a následné zapravení talířovým podmiťáčem. Při časovém odkladu se zvyšuje riziko výskytu

plevele. S tím je spojeno využití chemických látek. Tato metoda je tedy výhodná pouze v daných podmínkách a daných pozicích v osevním plánu či regionu.

## 5.12 Porovnání plošných výkonností při využití různých způsobů sklizně



Graf č. 8 - Grafické porovnání plošných výkonností jednotlivých způsobů sklizně

Plošná výkonnost je důležitým měřítkem sklizně. Cílem sklizně je sklidit úrodu s co nejnižšími ztrátami za co nejkratší dobu. Proto dochází ke zvyšování záběru sklízecích mlátiček a jejich průchodnosti. Denní výkonnost se liší dle času stráveného na pozemku. Objektivně lepší veličinou je výkonnost hodinová. Pro co nejlepší představu je vhodné použít jednotku hektary za hodinu. Tento aspekt je ilustrován v grafu č. 8.

Přímá sklizeň vykazuje nejnižší hodnoty hodinové výkonnosti, konkrétně 3,1 ha/hod. Černý sloupec tuto hodnotu ilustruje. Velmi nízké výkonnosti bylo na zkoumaném pozemku dosaženo vlivem nerovnoměrnosti dozrávání plodiny a s ním spojeným vysokým energetickým nárokům pro sklizeň. Vlivem snížené pojezdové rychlosti docházelo i přes úpravu a přizpůsobení otáček přiháněče k nerovnoměrnému dávkování sklizňového adaptéru pro přímou sklizeň. Díky rychlému osychání ranní vlhkosti však bylo docíleno denního výkonu přes 30 ha/den. Stojatý porost se vyznačuje schopností oschnout v poměrně krátkém časovém horizontu. Díky tomuto faktu bylo možné započít sklizeň již kolem 9. hodiny ranní.

Sklizeň dvoufázová disponuje naopak nejvyšší hodinovou plošnou výkonností. Sklízecí mlátička Case IH Axial-Flow 9250 dosahuje stejného výkonu jako sklízecí mlátička Case IH Axial-Flow 9240, využitá při přímé sklizni. Rychlost Sběracího pásu lze ovládat



z kabiny pomocí potenciometru pro regulaci otáček přiháněče. Obsluha tak je schopna jet vysokou rychlostí, odpovídající stavu a množství hmoty v řádku. Hodnoty pojezdových rychlostí se místy pohybovaly i kolem 10 km/h. Denní výkony se však nacházely v rozmezí od 18-25 ha/den. Hmota v řádku je náchylnější k rychlejšímu navlhnutí, čímž dojde k dřívějšímu ukončení sklizně ve večerních hodinách. Vlhký materiál není vhodný pro sklizeň. Řádek také hůře vysychá, tudíž se zkracuje horizont denní činnosti na pozemku při sklizni. Po ranní rose je do dvoufázově sklizeného porostu možno vjet v pozdějších hodinách oproti sklizni přímé. Na dně řádku hmoty není vystavena povětrnostním vlivům natolik jako ve zbytku řádku.

Při využití vyčesávacího adaptéru bylo dosaženo obdobných hodnot plošné výkonnosti jako při sklizni přímé. Příčinou nižší výkonnosti je snížený záběr vyčesávacího adaptéru. Vyčesávací adaptér by měl potenciál pracovat při vyšší pojezdové rychlosti. V případě sklizně lnu zde však byla překážkou houževnatost stonků. Stonky se při vyšší pojezdové rychlosti začínaly trhat s kořínky, protože buben nestíhal stahovat tobočky. Následně buben utrhané rostliny dopravil do šnekového průběžného dopravníku adaptéru, kde došlo k poklesu otáček vlivem namotání. Obsluha byla nucena zastavit sklizeň, vypnout ústrojí sklízecí mlátičky a manuálně namotanou hmotu odstranit. Odstraňování hmoty je zachyceno na obrázku 28. Tyto prostoje nebyly vlivem vypnutého ústrojí mlátičky zaznamenány a použity při výpočtech hodinové výkonnosti stroje.



*Obrázek 28 - Odstraňování namotané hmoty z průběžného dopravníku vyčesávacího adaptéru*

Jednoduchá elektronická signalizace obsluhu včas upozornila zvukovým signálem na pokles otáček, čímž se zabránilo poškození přepěťové spojky vyčesávacího adaptéru. Zemědělec musí počítat při sklizni vyčesávacím adaptérem s následným naložením s posklizňovými zbytky. Celková výkonnost v období mezi vegetací rostliny a následným půdním zpracováním bude reálně nižší.

## 6. Diskuze

Nejméně využívanou a zároveň velmi progresivní metodou sklizně je využívání prstového vyčesávacího adaptéru. Wanjura [2010] publikoval poznatky ze sklizně bavlny pomocí vyčesávacích adaptérů. Při testech došlo k využití standartního prstového vyčesávacího adaptéru a kartáčového vyčesávače.

Prstový vyčesávací adaptér vykazoval dobré výsledky v oblasti plošně seté bavlny. Při sklizni širokořádkově pěstované bavlny prstový adaptér nestíhal hmotu odebrat a docházelo k trhání stonků a vysokým ztrátám. Naopak kartáčový vyčesávací adaptér dokázal řádky bavlny sklidit bez problému.

Výsledky měření Wanjury [2010], který ve své studii popisuje sklizeň bavlny, jsou v rovnováze se zkušenostmi ze sklizně plošně setého lnu vyčesávacím adaptérem. Při širokořádkovém pěstování bavlny dochází ke zhuštění porostu v rámci řádku. Znamenaje, že při dané rychlosti projde prsty adaptéru v oblasti řádku k nárůstu objemu sklizené hmoty. Při sklizni plošně seté plodiny je materiál rovnoměrně rozprostřen a celý záběr adaptéru se zatěžuje rovnoměrně. Při pokusu při sklizni lnu došlo k závěru, že se zvyšující se pojezdovou rychlostí dochází k nárůstu ztrát, trhání stonků a následnému namotání na průběžný šnekový dopravník. Zhuštění porostu bylo simulováno zvýšením pojezdové rychlosti. Předpokládá se, že podobného efektu a výsledků se bude dosahovat i při sklizni dalších plodin.

Clarke [2021] ve svém článku porovnává ztráty při sklizni jarní pšenice dvoufázovou sklizní a přímou sklizní. Konstatuje, že obecně dvoufázová sklizeň vykazoval nižší ztráty oproti sklizni přímé, avšak setkal se také s výkyvy. Clarke [2021] také srovnával ztráty po nasečení windrowerem a po sběru pro sklizeň. Při provedeném měření docházelo pouze k dílčímu měření ztrát za adaptérem a za sklízecí mlátičkou. Pro dvoufázovou sklizeň je důležitým faktem objem ztrát při nasečení. Díky zjištění těchto ztrát a okolností pro nasekávání může být technologie nasekávání optimalizována. V práci je řečeno, že se snižující se relativní vlhkostí zrna rostou ztráty při nasekávání. Během vlastního měření bylo zjištěno, že vyšší naměřené hodnoty ztrát za sběracím adaptérem se nacházely v místech s nižším výnosovým potenciálem, zejména na písčitých půdách. Zde také dochází k rychlejšímu zasychání porostu vlivem nedostatku vláhy. V článku také

není zmíněn výrazně zhoršený stav porostu, tzn. zvýšený výskyt plevelů, či nezralost stébel. I přes to bylo naměřeno méně ztrát při sklizni dvoufázové než při sklizni přímé. Záleží však na vyrovnanosti a homogenitě zralosti sklízeného porostu.

## 7. Závěr

V této práci došlo v první části k teoretickému zhodnocení výhod a nevýhod jednotlivých tradičních a netradičních způsobů sklizně. Ve vlastní práci bylo následně porovnáno na základě teoretických předpokladů několik charakteristických veličin. Při měření celkových a dílčích druhů ztrát bylo zjištěno, že ve ztížených podmínkách zejména v porostech s vlhkou či zelenou hmotou vykazovaly netradiční způsoby sklizně výrazně lepší výsledky než tradiční přímá sklizeň.

Lepších výsledků dosahovaly dvoufázová sklizeň a sklizeň vyčesávacím adaptérem také v oblasti spotřeby paliva. Vlivem nižších záběrů adaptéru sběracího a vyčesávacího se výkonnosti plošné pohybovaly v rámci podobných hodnotách.

Z důvodu zvyšujících se legislativních požadavků a nařízení vůči chemickým přípravkům dochází k vytváření méně vhodných podmínek pro sklizeň. Vyčesávací adaptér díky své konstrukci a principu fungování disponuje nízkým potenciálem zvyšování vlhkosti zrna. Také dvoufázová sklizeň s sebou přináší pozitivní vlivy na mnohé z plodin, jejichž porosty se stávají obtížněji sklíditelnými.

Obecně lze konstatovat, že dvoufázovou sklizeň lze aplikovat univerzálně na téměř jakoukoli plodinu bez dalších netradičních operací po sklizni. Sklizeň vyčesávacím adaptérem taktéž nachází a potenciálně najde uplatnění u některých plodin, zejména u houževnatých rostlin, jejichž sklizeň s sebou nese obecně vysoké energetické požadavky a problémy spojené s vysokým namáháním ústrojí sklízecí mlátičky.



## 8. Seznam zdrojů

- 1) CLARKE, John M. 1984. Effect of seeding rate and time of harvest on losses of oats in windrower/combine and direct combine harvesting systems. *can. J. Plant Sci.* 64: 31-35.
- 2) LÁZNIČKA, Jan; MICHÁLEK, Vladimír.: Historie zemědělské techniky v českých zemích. 1. vyd. Praha: Profi Press s.r.o., 2012.
- 3) KUMHÁLA, František et al.: Zemědělská technika – stroje a technologie pro rostlinou výrobu. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007.
- 4) JAVOREK F.; Mechanizovaná sklizeň obilnin. *Mechanizace zemědělství 2015*
- 5) ROH, Jiří et al.: Stroje používané v rostlinné výrobě. 2. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2003.
- 6) JEDLIČKA, Milan. První vyčesávací adaptér OZON v Česku řeší hlavní problémy při sklizni obilnin a speciálních plodin. *Agroportal24h.cz* [online]. 2022, 27.12.2022, 4 [cit. 2023-02-26]. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/prvni-vycesavaci-adapter-ozon-v-cesku-resi-hlavni-problemy-pri-sklizni-obilnin-a-specialnich-plodin>
- 7) JEDLIČKA, Milan. Proč začít přemýšlet o dvoufázové sklizni s MacDon Windrower?. *Agroportal24h.cz* [online]. 2022, 27.12.2022, 4 [cit. 2023-01-26]. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/proc-zacit-premyslet-o-dvoufazove-sklizni-s-macdon-windrower>
- 8) BRÝNA, Ondřej.: Rozdělení sklízecích mlátiček a jejich konstrukční prvky. [Online], 2019, [Cit. 2021-2-3]. <URL:<https://www.agroportal24h.cz/clanky/rozdeleni-sklizecich-mlaticek-a-jejich-konstrukcni-prvky>
- 9) PASTOREK, Zdeněk et al.: Zemědělská technika dnes a zítra. 1. vyd. Praha: VÚZT, 2002.
- 10) MIU, Petre.: Combine harvesters: theory, modeling, and design. CRC Press, 2015.
- 11) NEUBAUER, Zdeněk. John Deere 8430: Zastane starší traktor to, co nový?. *Agroportal24h.cz* [online]. 2022, **2022**, 3 [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/john-deere-8430-zastane-starsi-traktor-to-co-novy>
- 12) Austin, R. B. (1982). Crop characteristics and the potential yield of wheat. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 98, 447–453

- 13) D. E. Wilkins, C. L. Douglas Jr., J. L. Pikul Jr. (1996), Applied Engineering in Agriculture. 12(2): 159-162
- 14) W.E. Klinner (1979), Reducing field losses in grain harvesting operations, Agricultural Engineer
- 15) BIRKINSHAW, Julian a Stuart CRAIN. Combine Harvesting. *Business strategy review* [online]. 2009, 25-29 [cit. 2023-01-28].

## 9. Seznam obrázků

Obrázek 1 - Mokrý podmínky sklizně v roce 2021.....	4
Obrázek 2 - Detailní fotografie strniště pšenice ozimé po sklizni.....	5
Obrázek 3 – Soudobé sklízecí mlátičky při sklizni porostu pšenice ozimé s tradičními adaptéry pro přímou sklizeň <a href="https://www.bisooriginal.cz/vsechny-clanky/prvni-dojmy-z-biso-vx-cropranger-vx850-tll-v-kombinaci-s-novym-new-holland-cx-8-80/">https://www.bisooriginal.cz/vsechny-clanky/prvni-dojmy-z-biso-vx-cropranger-vx850-tll-v-kombinaci-s-novym-new-holland-cx-8-80/</a> .....	7
Obrázek 4 – Flexibilní provedení pásové lišty kanadského výrobce Mac Don Zdroj: <a href="https://www.mac-don.cz/">https://www.mac-don.cz/</a> .....	8
Obrázek 5 - Polehaný porost pšenice ozimé se vzrůstající vegetací lilku brambor .....	9
Obrázek 6 – Dobová fotografie ze sklizně s využitím dvoufázové technologie Zdroj: <a href="http://www.kronikahoracka.cz/images/historie-venkova/zne-1943/15.jpg">http://www.kronikahoracka.cz/images/historie-venkova/zne-1943/15.jpg</a> .....	10
Obrázek 7 - Sečení kostřavy luční pro dvoufázovou sklizeň .....	11
Obrázek 8 - Nahnívající hmota v příliš vlhkém řádku .....	12
Obrázek 9 - Sběrací adaptér s přidržovacím zařízením Zdroj: <a href="https://www.nardi-harvesting.com/pick-up-header/">https://www.nardi-harvesting.com/pick-up-header/</a> .....	13
Obrázek 10 - Sklízecí mlátička agregována sběracím adaptérem.....	14
Obrázek 11 - Samojízdný řádkovací stroj při počínající práci na pozemku.....	15
Obrázek 12 – Stroj Mac Don M1170 NT5 při řádkování porostu pro dvoufázovou sklizeň Zdroj: <a href="https://www.facebook.com/photo/?fbid=652418866676118&amp;set=pcb.652423876675617">https://www.facebook.com/photo/?fbid=652418866676118&amp;set=pcb.652423876675617</a> .....	16
Obrázek 13 - Porost pšenice jarní při sečení na dvoufázovou sklizeň .....	17
Obrázek 14 - Porost lnu před a po sklizni vyčesáváním.....	18
Obrázek 15 - Buben vyčesávacího adaptéru a deflektorová pohyblivá část .....	19

Obrázek 16 - Deflektorový kryt a ovládací přímočaré hydromotory .....	20
Obrázek 17 – Snímek obrazovky z prostředí správy strojů a dat společnosti John Deere	
Zdroj: <a href="https://www.deere.cz/cs/precizni-rizeni-zemedelskych-praci/spojene-rizeni-farmy/jdlink/">https://www.deere.cz/cs/precizni-rizeni-zemedelskych-praci/spojene-rizeni-farmy/jdlink/</a> .....	22
Obrázek 18 – Výnosová mapa sklizeného pozemku s barevnou diversifikací Zdroj: <a href="https://www.strompraha.cz/novinky/v-dolanech-zacali-vyuzivat-vynosove-mapy">https://www.strompraha.cz/novinky/v-dolanech-zacali-vyuzivat-vynosove-mapy</a> .....	23
Obrázek 19 - Žací stroj při řádkování porostu pšenice jarní v lokalitě Vlkančice.....	27
Obrázek 20 - Sklízecí mlátička s vyčesávacím adaptérem při sklizni lnu setého.....	28
Obrázek 21 - Sběrná vanička umístěná v linii sklízecí mlátičky při práci .....	31
Obrázek 22 - Poškozené hydraulické vedení a rozdrčená zelená sklizená hmota .....	34
Obrázek 23 - Posečená hmota pšenice jarní uložená na řádek .....	36
Obrázek 24 - Speciální vanička využitá pro měření ztrát na sklizňovém adaptéru.....	37
Obrázek 25 - Prsty bubnu vyčesávacího adaptéru s vrstvou usazenin .....	38
Obrázek 26 - Zjišťování měrného počtu zrn na plochu s využitím speciální vaničky .....	39
Obrázek 27 - Detail materiálu při nasečení a uložení do řádku.....	41
Obrázek 28 - Odstraňování namotané hmoty z průběžného dopravníku vyčesávacího adaptéru .....	49

## 10. Seznam grafů

Graf č. 1 Porovnání měrných výkonů historické a soudobé mlátičky .....	3
Graf č. 2 Porovnání celkových sklizňových ztrát.....	30
Graf č. 3 - Porovnání ztrát na adaptéru a ústrojí sklízecí mlátičky při přímé sklizni .....	33
Graf č. 4 - Srovnání dvou hlavních původů ztrát při dvoufázové sklizni .....	35
Graf č. 5 - Srovnání ztrát při využití sklizně vyčesávacím adaptérem .....	37
Graf č. 6 - Relativní nárůst vlhkostí při jednotlivých sklizních .....	40
Graf č. 7 - Grafické porovnání měrných spotřeb paliva na jednotku plochy .....	44
Graf č. 8 - Grafické porovnání plošných výkonností jednotlivých způsobů sklizně .....	47

## 11. Seznam tabulek

Tabulka 1 - Naměřená data při práci v terénu.....	29
Tabulka 2 - Porovnání hodnot ztrát na sklizňovém adaptéru a za sklízecí mlátičkou .....	33

Tabulka 3 - Statisticky zpracované naměřené hodnoty vlhkostí .....	39
Tabulka 4 - Data o spotřebě a plošném výkonu sklízecích mlátiček.....	43