

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra zemědělské techniky



Diplomová práce

Hodnocení technologických linek na sklizeň píce

Bc. Libor Matyáš

© 2023 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Libor Matyáš

Zemědělská technika

Název práce

Hodnocení technologických linek na sklizeň píče

Název anglicky

Evaluation of forage harvesting techniques

Cíle práce

Cílem práce je vyhodnotit provozní a kvalitativní parametry zvolených technologických linek pro sklizeň píče.

Metodika

Literární rešerše soudobé tuzemské i cizojazyčné literatury věnovaná technologiím pro sklizeň pícnin. Praktická část práce bude věnována hodnocení technologických linek pro sklizeň pícnin z pohledu kvalitativních parametrů. data budou náležitě zpracována a statisticky zhodnocena. Práce bude obsahovat i diskuzy s obdobným typem prací.

Doporučený rozsah práce

50 stran

Klíčová slova

žací stroj, kvalita píce, lisování

Doporučené zdroje informací

Firemní literatura, další informační zdroje

Guretzky, J. A., Biermacher, J. T., Cook, B. J., Kering, M. K., & Mosali, J. (2011). Switchgrass for forage and bioenergy: harvest and nitrogen rate effects on biomass yields and nutrient composition. *Plant and Soil*, 339(1-2), 69-81.

Horrocks, R. D., & Valentine, J. F. (1999). *Harvested forages*. Academic Press

Chick, S., & Krummel, J. (2019). Energy inputs in hay production. In *Handbook of Energy Utilization in Agriculture* (pp. 163-168). CRC Press.

Stanisavljević, R., Vuković, A., Petrović, D. V., Radojević, R. L., Barać, S., & Mileusnić, Z. (2021). Efficiency of alfalfa hay mowing machines under the dryland conditions. *Tehnički vjesnik*, 28(5), 1503-1510.

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 26. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Hodnocení technologických linek na sklizeň píce" 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 31. 3. 2023

Poděkování

Rád bych takto poděkoval vedoucímu práce doc. Ing. Petru Novákovi, PhD. za odborné vedení a čas, které mi věnoval po dobu zpracovávání této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat vedení a pracovníkům podniku Ekolife za poskytnutí techniky a prostoru pro provedení polního pokusu.

Hodnocení technologických linek na sklizeň píce

Abstrakt

Tato diplomová práce je zaměřena na stroje používané během sklizně píce. Na začátku rešeršní části jsou popsány metody a možnosti sklizně píce. Dále jsou uvedeny stroje, které se využívají v jednotlivých fázích sklizně. Jsou popsány jejich principy práce a základní konstrukční řešení. Praktická část je zaměřena na polní pokus, při kterém probíhalo porovnání různých metod při sušení píce. Byl zjišťován obsah sušiny píce upravené čechráním a píce bez úpravy. Dále byl zkoumán vliv počtu obracení píce na průběh sušení. Výsledky měření jsou shrnuty a diskutovány s výsledky ostatních autorů, jejichž výzkumy se zabývaly podobnou tematikou.

Klíčová slova: žací stroj, kvalita práce, lisování, obsah sušiny, ztráty.

Evaluation of forage harvesting techniques

Abstract

This diploma thesis is focused on machines used during forage harvesting. At the beginning of the research part, the methods and possibilities of harvesting forage crops are described. The machines that are used in the individual stages of harvesting are also listed. Their working principles and basic construction solutions are described. The practical part is focused on a field experiment in which different methods of forage drying were compared. The dry matter content of forage treated by conditioning and untreated forage was investigated. Furthermore, the effect of the number of forage turnings on the drying process was investigated. The results of the measurements are summarized and discussed with the results of other authors whose research dealt with similar topics.

Keywords: mowing machine, quality of work, baling, dry matter content, losses.

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíl práce	2
2.1 Cíl práce	2
2.2 Hypotéza	2
3 Teoretická východiska	3
3.1 Význam a zpracování pícnin.....	3
3.1.1 Konzervace pícnin	4
Sušení sena.....	4
Horkovzdušné sušení	4
Silážování	5
3.2 Žací stroje.....	7
3.2.1 Žací stroje s přímovratným pohybem nožů	7
3.2.2 Žací stroje s rotujícími noži	8
3.2.3 Čechrače a mačkače.....	9
3.3 Obrabeče.....	10
3.3.1 Bubnové obrabeče a shrnovače.....	11
3.3.2 Paprskové obrabeče a shrnovače.....	12
3.3.3 Kolové obrabeče s řízenými hrabicemi.....	12
3.3.4 Dopravníkové obrabeče a shrnovače s řízenými hrabicemi.....	13
3.3.5 Rotorové obrabeče s neřízenými hrabicemi.....	13
3.4 Shrnovače.....	15
3.4.1 Shrnovače s průběžným dopravníkem	15
3.4.2 Rotorové shrnovače	16
3.5 Sběrací lisy	18
3.5.1 Lisy na hranolovité balíky	19
3.5.2 Lisy na válcovité balíky	21
Lisy s variabilní komorou	21
Lisy s konstantní komorou.....	22
Mobilní kombinované lisy	23
Stacionární kombinované lisy	24
3.6 Ovíječky	25
3.7 Sběrací vozy	26
3.8 Sklízecí řezačky	28
3.8.1 Cepové řezačky	28

3.8.2	Kolové řezačky	28
3.8.3	Bubnové řezačky.....	29
Vlastní práce.....		30
4	Metodika	30
4.1	Popis pokusné plochy.....	30
4.2	Postup jednotlivých činností	31
4.3	Použitá mechanizace při měření.....	31
	CLAAS ARION 630 agregovaný s ŽTR 215	32
	VALTRA T235 agregovaná s žací kombinací KUHN	33
	JCB FASTRAC 2140 agregovaný s obrabečem LELY LOTUS 1020	34
4.4	Určování průběžného obsahu sušiny	35
5	Interpretace výsledků	36
5.1	Křivka průběhu sušení.....	46
6	Shrnutí výsledků a diskuse.....	47
7	Závěr.....	49
8	Seznam použitých zdrojů	50
9	Seznam obrázků	55
10	Seznam tabulek	56
11	Seznam grafů	57

1 Úvod

Jedním z odvětví zemědělské techniky jsou stroje určené pro sklizeň pícnin. Zajištění kvalitního krmiva je každoročním důležitým úkolem všech zemědělců, kteří se zabývají živočišnou produkcí. Stále přibývají nové metody a možnosti sklizně a konzervace pícnin, které zvyšují užitkovost a produkci hospodářských zvířat. Nevhodně zvolené uskladnění může znamenat vznik nežádoucích plísní v krmivu.

Dalším důležitým hlediskem je i energetická náročnost jednotlivých operací a metod. Kupříkladu horkovzdušné sušení umožňuje připravit velice kvalitní seno, u kterého nedochází k výraznému úbytku živin. Nicméně příprava, i vzhledem k současným energetickým problémům, není běžně používanou metodou. Velmi rozšířenou metodou je způsob sušení píce, kdy je posečená píce rozptýlena po pozemku, několikrát obrácena a při požadovaných hodnotách vlhkosti píce je odvezena z pozemku pro následné volné uložení či v podobě balíků apod. Důležitým faktorem, je délka doby, po kterou je píce volně na pozemku a může ji ovlivnit náhlá změna počasí. Píce dlouhodobě vystavená dešti ztrácí nutričně hodnotné látky, proto je snaha tuto dobu co nejvíce zkrátit.

Časté obracení píce napomáhá rychlejšímu průběhu sušení, avšak zejména při vyšší hodnotě obsahu sušiny způsobuje mechanické ztráty. Poměrně populární metodou v posledních desítkách let je úprava čerstvě posečené píce. Dochází k narušení stonků a dalších částí rostlin, což napomáhá rychlejšímu odpařování vody z píce. Zejména při sklizni píce formou senáže se jedná o jediný zásah mezi sečením a sklizením pícní hmoty. Právě porovnáním metody sklizně s úpravou posečeného materiálu a bez upravení se zabývá praktická část této diplomové práce.

2 Cíl práce

2.1 Cíl práce

Cílem práce je na základě dostupné odborné tuzemské i cizojazyčné literatury vypracovat rešeršní část zaměřenou na technologie pro sklizeň pícnin. V praktické části vyhodnotit provozní a kvalitativní parametry zvolených technologických linek pro sklizeň píce.

2.2 Hypotéza

- Píce upravená čechráním bude vykazovat významně vyšší hodnoty poklesu vlhkosti během sušení.

3 Teoretická východiska

3.1 Význam a zpracování píce

Pícniny jsou velmi důležitým krmivem rostlinného původu. Jedná se o nepostradatelné objemné krmivo, které má rozhodující podíl na výrobě a kvalitě masa, mléka a dalších živočišných produktů. Kvalita sklizené píce má významný podíl nejenom na zdraví, ale též na užitkovosti. V případě, že je přidávána nekvalitně konzervovaná píce do krmných dávek, zvyšuje se potřeba jaderných krmiv. Sklizeň píce může probíhat během celého vegetačního období. Hlavní špičky během sklizně nastávají během přelomu května a června a dále na přelomu září a října. Některé plodiny je možné v příznivých podmínkách sklízet až pětkrát. Důležitým faktorem jsou klimatické podmínky, které se mohou lišit v jednotlivých oblastech. V horských oblastech je vegetační období kratší, tudíž jsou i špičky sklizní v kratším rozmezí. Při plánování sklizně pícnin je nutné brát ohled, kromě počasí, také na fázi zralosti sklizených plodin. Při oddalování termínu sklizně může dojít ke ztrátám využitelné energie, která činí 0,26 MJ/kg sušiny u trav a až 0,78 MJ/kg sušiny u jetelovin. V tomto případě se jedná o kvalitativní ztráty. Kvantitativní ztráty mohou vzniknout neposečením, ztrátou nutričně významných částí při obracení nebo shrnování píce apod. Dalším významným faktorem při konzervaci krmiv je obsah sušiny. Při sklizni píce formou silážování a obsahu sušiny do 20 % vzniká nadměrné množství silážních šťáv. Při obsahu sušiny nad 50 % dochází k obtížnému vytlačování vzduchu ze sklizené hmoty. Pro správný průběh fermentace je však důležité, aby obsah vzduchu v píci byl minimální. V současné době je nutné zajistit adekvátní strojní vybavení pro vrstvení a stlačování řezanky v silážních žlabech vzhledem k výkonným sklízecím rezačkám a velkoobjemovým odvozovým soupravám (MAŠEK, NOVÁK, 2011).

Podle údajů ČSÚ pro rok 2022 byla celková rozloha zemědělsky obhospodařované půdy 3 530 tis. ha. Podíl trvalých travních porostů na celkové výměře byl 28,4 % a podíl pícnin na orné půdě byl 13,4 % na celkovou výměru (ČSÚ, 2022).

3.1.1 Konzervace píce

Při dlouhodobém uskladňování píce je nutná její adekvátní konzervace. V dřívějších dobách sloužilo konzervování krmiv k překlenutí doby mimo vegetační období, kdy bylo potřeba zajistit krmivo pro hospodářská zvířata. Jednou z nejstarších metod konzervace je možnost sušení píce. Později se v zemědělství rozšířila konzervační metoda formou silážování, resp. senážování. V uplynulých několika desítkách let se u významné části zemědělských podniků, zabývajících se chovem mléčného skotu, přešlo k celoročnímu krmení konzervovanými krmivy. Samotná konzervace ovlivňuje produkční účinnost objemných krmiv, jako např. koncentraci energie, dietetické vlastnosti, chutnost a stravitelnost píce, obsah živin a specificky účinných látek (ŠNOBL, PULKRÁBEK, 2005).

Sušení sena

Principem je snížit vlhkost píce na hranici 12–15 %. Z důvodu uskladňovacích nároků, aby nedocházelo k tvorbě plísní ve hmotě či dalším ztrátám. Vhodné plodiny pro sklizeň touto metodou jsou pícniny s tenkým stonkem a velkými listy, a sice v rámci rychlejšího usychání. Dále je vhodné, aby během sklizně byla co nejnižší vzdušná vlhkost. Po posečení píce je důležité rozptýlit materiál z řádků a podle podmínek několikrát obrátit. V okamžiku požadované míry vlhkosti sena je nutné materiál připravit do řádků pro další sklizňové operace. Podle následného způsobu dopravy a uskladnění sena se využívá několik variant strojů. Pro případné volné dosoušení a uskladnění se používají sběrací vozy. Druhou možností je využít sběrací lisy, které seno slisují do balíků válcovitého nebo hranolovitého tvaru. Při omezených skladovacích prostorech je vhodné seno naskladnit ve formě balíků, které, v porovnání s volně loženým senem, zabírají méně prostoru (THRIPATI et al., 1995).

Horkovzdušné sušení

Principem tohoto druhu sušení je rychlá dehydratace píce pomocí horkých spalin topného média. Po posečení se nechá píce zavadnout na pozemku a poté je shrnuta do řádků. Následuje sběr a řezání materiálu na požadovanou délku do 3 cm, a to buď sklízecí rezačkou nebo sběracími vozy. Následuje dosoušení proudem vzduchu o teplotách do 1000 °C. Produktem tohoto sušení je úsušek, který se dále zpracovává na výrobu moučky nebo granulí. Jedná se o koncentrované krmivo, jelikož při jeho výrobě dochází k nízkým ztrátám na živinách a biologicky aktivních látkách (ŠANTRŮČEK, 2001).

Zásadní nevýhody činí vysoké pořizovací a následně provozní náklady. Při porovnání vložené energie do sklizňového procesu se získaným množstvím energie z krmiva vychází energetická bilance 1 : 12,2 při sušení sena a 1 : 0,55 při horkovzdušném sušení (BŘEČKA, KUMHÁLA, 2001).

Nepostradatelnou součástí výroby krmných směsí je bezesporu granulování. Úsušek je nejprve v granulátoru upravován vodní parou, která dosahuje teplot v rozmezí 60-80 °C. Pára zvyšuje hygienickou nezávadnost a celkovou kvalitu granulí. Následně je materiál prolisován kruhovými či prstencovými matricemi o různých průměrech. Zpravidla se rozměry otvorů pohybují v rozmezí 2–12 mm podle druhu a stáří krmených zvířat. Po lisovacím procesu vlivem okolního prostředí granule rychle chladnou a tvrdnou (CEMPÍRKOVÁ, ČERMÁK, 2008).

Silážování

Jedná se o technologický postup konzervace krmiv s využitím mléčného kvašení. Čerstvá až silně zavadlá píce fermentuje v anaerobním prostředí s pH 3,8–5,2. Pro správný průběh kvašení a zajištění daného prostředí je tedy důležité, aby silážovaný materiál byl dostatečně zhutněn. Zbytkový kyslík je spotřebován respiračními procesy píce a mikrobiální činností. Mléčným kvašením sacharidové složky píce vzniká kyselina mléčná, která stabilizuje konzervovanou píci. Dále může být konzervace siláže podpořena průmyslovými konzervačními prostředky, které jsou aplikovány pomocí sklízecích strojů v poslední fázi sklizně. Rozdíl mezi siláží a senáží je v podstatě v obsahu sušiny ve sklizeném materiálu během sklizně. Siláže se vyznačují nižším obsahem sušiny (18–40 %), zatímco obsah sušiny u senáže je více než 40 %. Při sklizni pícnin záleží na jejich silážovatelnosti, tedy schopnosti píce fermentovat a dlouhodobě ji skladovat bez výrazných ztrát živin. Dalším bodem úspěšné sklizně a přípravy kvalitního krmiva je určení a nastavení délky řezanky. Obecně platí, že čím vyšší je obsah sušiny v píci, tím kratší by měla být řezanka, a to z důvodu vytěsňování vzduchu během dusání siláže, resp. senáže (HOLUBOVÁ, LUŇÁČEK, 1999).

Vzhledem k tomu, že se jedná v zemědělství o velmi populární metodu přípravy krmiva, nabízí se hned několik variant, jak naložit s čerstvou řezankou. Jedním z dnes již ustupujících trendů je ukládání hmoty do silážních věží. Řezanka je dopravována pomocí dopravníků do horní části věže, odkud padá do vnitřní části věže. Nepochází k vnějšímu hutnění, pouze dochází ke stlačení vlastní vahou materiálu. Vyskladňování probíhá postupným odebíráním vrstev z horní nebo spodní části. Co se týče kvality výsledné siláže, v dnešní době se nejedná

o vhodnou metodu jejího uskladňování, jednak kvůli nedostatečnému vytěsnění vzduchu z řezanky, jednak kvůli ztrátám živin odvedených v silážních šťávách (PITT, 1990).

Naopak velmi rozšířenou a stále perspektivní metodou uskladňování jsou silážní žlaby. Z důvodu nižší úrovně mechanizace bylo dříve běžné, že odvozové soupravy projížděly silážním žlabem a řezanku postupně rozmisťovaly. Docházelo však mnohdy k uvíznutí souprav, nežádoucímu vyhrabávání a čechrání udusané řezanky, převržení vozů při vyklápění a v neposlední řadě kontaminaci materiálu zbytky nečistot ulpělých na pneumatikách odvozových prostředků. V současné době, vzhledem k vysoké úrovni mechanizace, je doporučeno materiál vykládat u paty silážního žlabu. Vrstvení a udusávání materiálu zajišťují pouze stroje pro to určené. Po zaplnění je nutné žlab zakrýt fólií z PVC materiálu a fólii zatížit (BOLSEN et al., 1996).

Další uvedenou metodou je uskladnění řezanky do silážních vaků. Dochází ke stlačování píce do rukávců o délce až 60 m s průměrem až 2,5 m. Plastické rukávce se vyznačují nepropustností světla a vzduchu. Pro uložení rukávců není potřeba žádných speciálních staveb. Jednou z výhod je poměrně malý profil pro odebrání siláže. Z toho vyplývá, že v případě nižší potřeby siláže pro krmnou dávku není zbytečně odkryta velká vrstva siláže a nedochází k její výrazné degradaci na vzduchu (ROTZ et al., 2007).

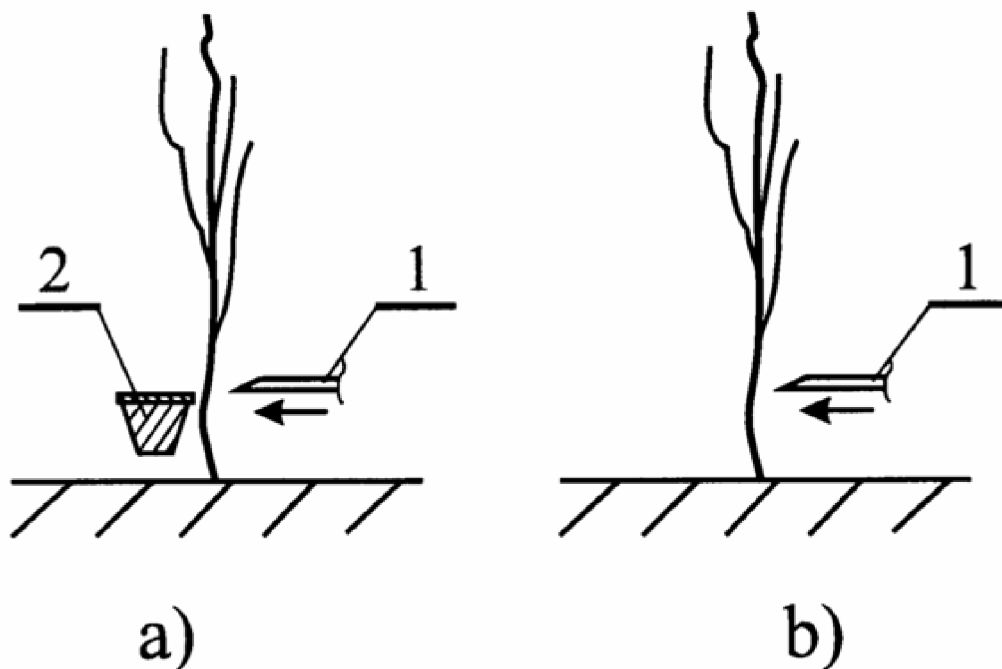
Poslední uvedenou variantou je lisování silážní, resp. senážní hmoty do balíků a následné ovinutí balíků do fólie. Jedná se o poměrně efektivní řešení pro menší zemědělské podniky. Jelikož je senáž konzervována v jednotlivých balících, není nutné zajišťovat vysoký počet strojů pro plynulý chod práce. Při této metodě je možné rozplánovat sklizeň do delšího časového horizontu, jelikož není potřeba rychle zaplňovat silážní žlaby. Dále se této metody využívá v končící fázi sklizně, kdy již mohou být jednotlivé uskladňovací prostory zaplněny a je potřeba zbývající píci konzervovat. Jednotlivé balíky mohou být ovinuty buď přímo na pozemku, nebo nejdříve dojde k dopravě balíků na farmu a posléze k jejich ovinutí. Fóliová vrstva je poměrně náchylná na protržení, je tedy nutné dbát zvýšené opatrnosti při manipulaci s těmito balíky. V posledních několika letech byl zaznamenán rostoucí zájem o lisování kukuřičné siláže. Výhodou je jednotlivé rozbalování balíků pro krmení zvířat, zejména pokud je nižší obsah siláže v krmné dávce (COLLINS et al., 2017).

3.2 Žací stroje

Jedná se o mechanizační prostředky využívané při sečení, tedy v první fázi sklizně pícnin. V této fázi je úkolem oddělit nadzemní část rostlin od kořenového systému. Princip práce je buď stříh, nebo řez, resp. uražení stébla. Tím je následně ovlivněna obnova porostu. Pro stébla je šetrnější metoda stříhu. Uříznutá, resp. uražená stébla vyžadují více času pro regeneraci stonku. Znamená to tedy, že se prodlouží doba mezi jednotlivými sečeními (SHINNERS, 2002).

3.2.1 Žací stroje s přímovratným pohybem nožů

Jedná se o sečení s protiostrím (řez s oporou). Dochází k přímovratnému pohybu nožů mezi ostrím a protiostrím, který je kolmý na směr jízdy viz obr. č. 1a). V prvním případě je do přímovratného pohybu uvedena pouze kosa, resp. nosník nožů s noži. V druhém případě vykonává přímovratný pohyb i protiostrí, např. protiběžná lišta. Řezná rychlost nožů je relativně nízká v rozmezí 1,5 až 3 m.s⁻¹. V krajních polohách je rychlost nulová a uprostřed dráhy kosa nabývá rychlost maxima (STOUT, 1999). V současné době se tento princip sečení využívá zejména u žacích adaptérů sklízecích mlátiček, případně novodobých žacích mačkačů, např. MacDON.



Obr. č. 1 Principy sečení

Zdroj: KUMHÁLA et al., 2007

3.2.2 Žací stroje s rotujícími noži

Dnes již rozšířenější princip sečení je řez stébel pomocí rotujících nožů viz obr. č. 1b). Stéblo je odděleno pouze samotným rotujícím nožem bez opory. K odseknutí stébla je tedy potřeba řádově vyšší řezná rychlost nožů, uvádí se 60 až 85 m.s⁻¹. S tím souvisí i vyšší energetická náročnost na 1 metr záběru stroje, která se pohybuje v rozmezí 9 až 12 kW. Podle osy rotace je rozdělujeme:

- s vodorovnou osou rotace (cepové sklízeče),
- se svislou osou rotace (rotační žací stroje).

Dále podle pohonu žacího ústrojí dělíme rotační žací stroje:

1. s horním pohonem,
2. se spodním pohonem (KUMHÁLA et al., 2007).

Žací stroje s horním pohonem jsou v praxi běžně označovány jako bubnové. Bubny jsou poháněny ozubeným kuželovým soukolím od horizontálně uložené hřídele. Ve spodní části bubnu je volně otočně připevněn plaz, který kopíruje povrch terénu. Podle průměru bubnu je na něm připevněno 3 a více nožů. Nože jsou na bubnech uloženy tak, aby se při otáčení překrývaly a nenarážely do sebe. Výhodou těchto strojů je robustnost bubnů, při práci na členitých terénech je nižší riziko poškození (BŘEČKA et al., 2001).

Druhá skupina rotačních žacích strojů se spodním pohonem je v současnosti v zemědělství velmi populární. Jednotlivé disky jsou poháněny soustavou čelně ozubených kol umístěných v rámu pod disky. Dvojice disků se otáčí proti sobě. Na každém z nich jsou připevněny zpravidla 2 nože a vždy dva disky jsou proti sobě pootočený o 90°, aby taktéž nedocházelo ke střetu nožů. Vzhledem k většímu počtu dvojic disků je materiál ukládán do řádku rovnoměrněji (KUMHÁLA et al., 2007).

Navzdory vyšším energetickým nárokům je obecně princip sečení bez protiostrů při sklizni pícnin nejrozšířenější. Nože na obvodu bubnů a disků jsou volně otočně uloženy. V případě nárazu na nějakou překážku, která je skrytá v sečeném porostu, se může nůž protočit a schovat pod buben či disk. Ve většině případů by se při nárazu neměl nůž deformovat právě díky tomuto uložení. Přesto je vhodné několikrát během pracovní směny nože na žacích lištách zkontrolovat a případně poškozené nože vyměnit (STOUT, 1999).



Obr. č. 2 Výměna nožů

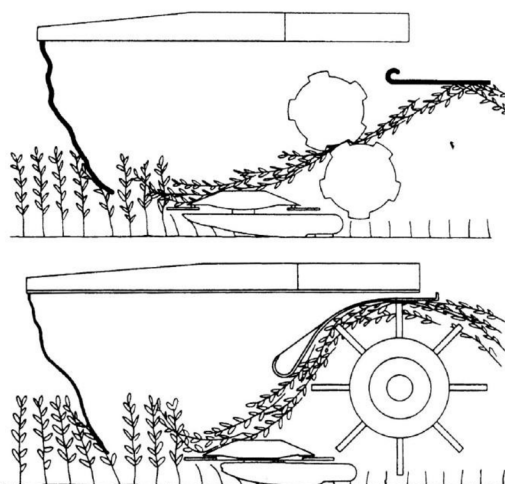
Zdroj: <https://www.agrozet.cz/e-shop/nesene-zaci-stroje-novadisc-1-d89546.html>

Jednou z výhod těchto strojů je relativně snadná údržba, resp. výměna nožů viz obr. č. 2. Rychloupínání nožů funguje na principu přitlačování nože pružným třmenem k žacímu disku. Je to nesporná výhoda údržby oproti prstovým žacím strojům. Mcrandal et al. (1978) uvádějí, že právě ostrost nožů je hlavním faktorem, který souvisí s příkonem stroje a energetickou náročností. Tupé nebo jinak poškozené nože mnohonásobně zvyšují potřebný příkon, což se projeví na finální spotřebě paliva.

3.2.3 Čechrače a mačkače

Průběh sušení můžeme urychlit mechanickou úpravou sklizeného materiálu. V případě čechračů je stonk narušován příčně, v druhém případě je stonk pomocí mačkačů narušován podélně. Takto nalomené stonky snadněji odpařují vodu. Právě rychlost odpařování vody hraje podstatnou roli při samotném sušení. Čechrače jsou vybaveny čechracím válcem, který se otáčí proti směru otáčení kol traktoru. Na povrchu válce jsou připevněny lamací prsty, které mohou být vyrobeny z plastu, případně oceli. Lamače mohou být různých tvarů, např. tvar písmene V. Tok lámaného materiálu vede od žací jednotky na vrchní část čechracího válce, kde dojde k lámání, a poté je upravený materiál uložen na řádek. Na rozdíl od čechračů jsou mačkače vybaveny dvojicí rýhovaných válců viz obr. č. 3. Válce se otáčejí proti sobě a mezi nimi prochází mačkaný materiál (SAVOIE, 2001). Tento princip úpravy píce byl hojně využíván u samojízdných žacích strojů Fortschritt E 303.

Dříve se tato operace prováděla dodatečně. Nejprve byl porost posečen, následovalo čechrání nebo mačkání, poté obracení píce atd. Současné žací stroje bývají běžně dostupné ve verzi s čechrači, případně mačkači. Zároveň je dlužno říci, že se podstatně zvýší energetická náročnost na 1 m záběru. Při koupi nových strojů je vhodné, aby se nový uživatel zamyslel nad tím, zdali je pro něj vůbec důležité zkrácení doby sušení: zdali má smysl pořizovat žací kombinaci vybavenou energeticky náročnějším čechračem, či zakoupit žací kombinaci s větším pracovním záběrem bez dodatečného vybavení pro úpravu píce (UNDERSANDER, 2011).



Obr. č. 3 Schéma mačkače a čechrače

Zdroj: SRIVASTAVA et al., 2006

3.3 Obraceče

Po posečení porostu obraceče zajišťují rovnoměrné rozhození sklizeného materiálu z řádků, případně hromádek vytvořených během sečení. Při následném obracení zvedají a obracejí píci rozhozenou na široko. Cílem je uložit materiál s vyšším obsahem vlhkosti ze spodní vrstvy do vrchní vrstvy a dále načechrat materiál, což usnadňuje průchod vzduchu materiálem a urychluje sušení píce (ČERVINKA, 2002).

Podle Stouta (1999) obracení píce nezpůsobuje výrazné následky na kvalitě produkce krmiv. Je ovšem potřeba se zaměřit na dvě skutečnosti, kterým je potřeba se vyhnout. Neobracet příliš suchý materiál, jehož vlhkost je nižší než 50 %, z důvodu minimalizování mechanických ztrát v materiálu. Tím je myšlena ztráta nutričně bohatých částí píce, jako např. lístky jetele či vojtěšky. Dále pak zamezit kontaktu pracovních nástrojů se zemí, který by mohl způsobit kontaminaci píce částicemi zeminy.

Dříve byl trend v konstruování univerzálních strojů pro obě operace. Změna pracovní operace byla provedena např. změnou úhlu pracovních nástrojů, změna pracovní rychlosti pojezdu traktoru apod. Avšak postupem času se od těchto univerzálních strojů upustilo. Myšlenka jednoho stroje, zejména pro malé zemědělce, byla jistě dobrá, ale v praxi se výrazně nerozšířila.

Co se týče dělení obracečů a rovněž shrnovačů, vycházejí z obdobných koncepčních řešení, a to:

- Bubnové s řízenými hrabicemi,
- Paprskové s odvalovacími paprskovými koly,
- Kolové s řízenými hrabicemi,
- Dopravníkové s řízenými hrabicemi,
- Rotorové s neřízenými hrabicemi (obraceče) nebo řízenými hrabicemi (shrnovače).

Dále podle pohonu pracovního ústrojí dělíme na:

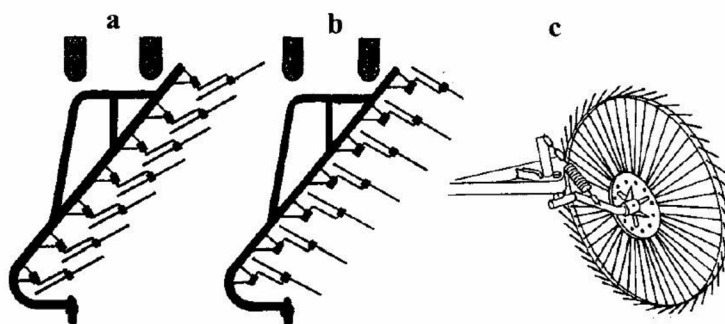
- Pohon od vývodového hřídele konstantními otáčkami,
- Pohon od vývodového hřídele otáčkami závislými na pojezdové rychlosti,
- Pohon od pojezdových kol závislý na pojezdové rychlosti,
- Pohon od zpracovávaného materiálu, případně strniště (BŘEČKA et al., 2001).

3.3.1 Bubnové obraceče a shrnovače

Jedná se o obraceče a shrnovače, které dnes používají menší a začínající zemědělci. Buben obraceče může být v provedení pravoúhlém nebo kosoúhlém. Buben tvoří zpravidla čtyři hrabice, na kterých jsou připevněny pružné prsty. Aby nedocházelo k nabalování materiálu na buben, hrabice s prsty zachovávají při otáčení celého bubnu konstantní polohu. Konstantní poloha hrabic je zajištěna pomocí výstředníkového mechanismu. Buben je šikmo postavený na směr jízdy. Podle požadované práce měníme sklon a výšku bubnu. Pro obracení je volen větší úhel a vyšší obvodová rychlost bubnu. Pro shrnování je volen menší úhel a nižší obvodová rychlost bubnu (SRIVASTVA et al, 2006).

3.3.2 Paprskové obraceče a shrnovače

Pro paprskové obraceče a shrnovače jsou typická velká lehká paprsková kola s pružnými ocelovými pruty viz obr. č. 4c). Kola jsou připevněna otočně na rámu, podle požadované práce se mění sklon kol. Zároveň jsou kola v kontaktu s píčí a podložkou. Třením o povrch půdy se otáčejí a nabírají materiál. Při obracení se nastaví kola viz. obr. č. 4b) tak, že následující kolo odhazuje materiál za předchozí kolo. V případě shrnování obr. č. 4a) kola postupně nahrnují materiál z celé pracovní šířky na řádek za posledním kolem. V obou případech je stanovena doporučená rychlost pojezdu. Při obracení je doporučená rychlost 10–12 km.h⁻¹ a při shrnování je doporučena rychlost 5–8 km.h⁻¹. Vzhledem k pasivnímu pohonu se jedná o energeticky nenáročný stroj. V Americe je na mnoha farmách běžně k vidění tento stroj zejména při shrnování. Nicméně z důvodu hrozící kontaminace krmiva se nejedná o vhodnou možnost využití v podnicích, kde je snaha o kvalitní krmivo pro hospodářská zvířata (HORROCKS et al., 1999).



Obr. č. 4 Paprskový obraceč a shrnovač

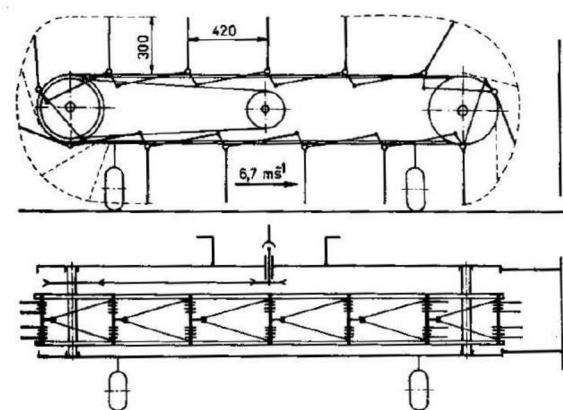
Zdroj: BŘEČKA et al., 2001

3.3.3 Kolové obraceče s řízenými hrabicemi

Tento stroj se rovněž řadí mezi univerzální stroje pro obracení a shrnování píce. Na rozdíl od předešlých typů strojů nedochází ke změnám pracovních částí. Mění se pouze smysl otáčení aktivně poháněných kol. Tyto stroje bývají vybaveny třemi až pěti koly, které jsou uspořádány šikmo za sebou tak, aby překrývaly plochu pracovního záběru stroje. Prsty jsou na kolech vedeny paralelogramovým mechanismem, aby nedocházelo ke zbytečnému zvedání píce. Při obracení je princip práce podobný jako u paprskových obracečů. Materiál z následujícího kola je ukládán za předchozí kolo. V případě, že je potřeba píci shrnovat, je změněn smysl otáčení kol a kola odkládají postupně materiál za poslední kolo (BŘEČKA et al., 2001).

3.3.4 Dopravníkové obraceče a shrnovače s řízenými hrabicemi

Pro tyto stroje je typická dvojice nekonečných řetězů nebo klínových řemenů a na nich připevněné hrabice se vzpěrami. Hrabice jsou tvořeny skupinou pružných dvojprstů. Píce je nabírána hrabicemi a dopravována ve spodní straně stroje nad povrchem země viz obr. č. 5. Aby se zabránilo nechtěnému zvedání píce, v krajní poloze se hrabice sklopí a odloží materiál. Při obracení je požadavek, aby píce byla opět rozprostřena rovnoměrně po ploše a nevytvářela řádek, proto je nutné poměrně vysoká rychlost dopravníku. Pokud potřebujeme píci shrnovat, připevní se záchytná clona, která pomůže píci odložit na řádek (KUMHÁLA et al., 2007).



Obr. č. 5 Dopravníkový obraceč a shrnovač s řízenými hrabicemi

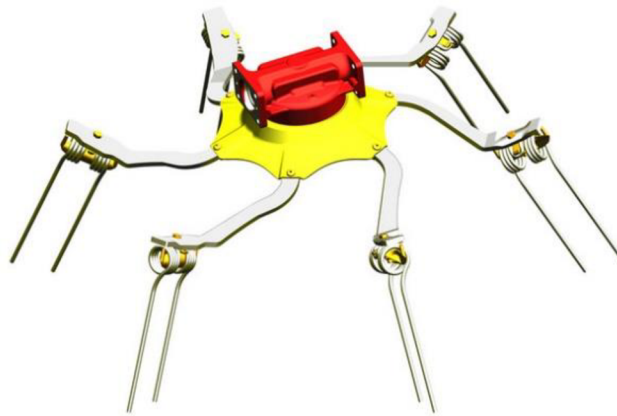
Zdroj: KUMHÁLA et al., 2007

3.3.5 Rotorové obraceče s neřízenými hrabicemi

Jedná se o skupinu strojů, která je při obracení v současné době nejvíce zastoupená. Oproti ostatním typům umožňují lépe kopírovat terén na členitých pozemcích, naopak oproti ostatním typům obracečů jsou energeticky náročnější. Pastorek et al., (2002) uvádí, že potřebný výkon pro obraceče je 5,6 až 5,9 kW/m konstrukčního záběru stroje.

Základní pracovní jednotkou těchto obracečů jsou vertikálně rotující rotory s neřízenými hrabicemi. Obvodová rychlost rotorů při práci se uvádí v rozmezí 9 až 12 m.s⁻¹. Při nízkých hodnotách vlhkosti píce může tato poměrně razantní manipulace s píci způsobovat její ztráty, např. ztrátu sušiny nebo lístků. Na konci hrabic jsou upevněny pružné dvojprsty, které píci nejprve nadzvednou ze strniště a dopraví ji do zadní části rotoru. Tam píce opustí dráhu rotoru a je uložena zpět do širokého pásu na strniště. Během jednoho cyklu hrabice dojde jednak k překlopení vrstev píce, jednak k provzdušnění a načechrání píce. Rotory jsou připevněny na rám obraceče. Podle velikosti, resp. pracovní šířky obraceče, je rám rozdělen do

několika sekcí, a sice z důvodu transportních rozměrů a možnosti vhodně kopírovat terén pozemku (STOUT, 1999).



Obr. č. 6 Rotor obraceče s inovovanými hrabicemi

Zdroj: https://www.poettinger.at/cs_cz/produkte/detail/higf/hit-ht-vysoce-vykonne-obracece

Vývoj rotorových obracečů se posouvá stále kupředu. Je snaha stále zlepšovat kvalitu práce, tedy zajistit rovnoměrný rozhoz píce a snížení ztrát, resp. odrolu lístků. Konstrukteři přichází stále s novými nápady a možnostmi řešení, jak umožnit co nejvíce rovnoměrný rozptyl materiálu, zejména s již nižším obsahem vlhkosti. Jedním směrem je zakřivení konců hrabic patrných na obr. č. 6. Další možnost představuje např. firma Lely s hákovitými prsty na hrabicích viz obr. č. 7. Tyto obraceče nadzvedávají materiál v podstatě vodorovně s vrstvou píce. Hlavní myšlenkou tohoto provedení je, že spodní delší prst udělí hmotě ve spodní vrstvě vyšší obvodovou rychlost než kratší prst suší vrstvě. Vlhčí materiál by pak měl dolétnout dál a zůstat na vrchní straně, kde bude lépe prosychat.



Obr. č. 7 Inovované prsty hrabice rotorového obraceče

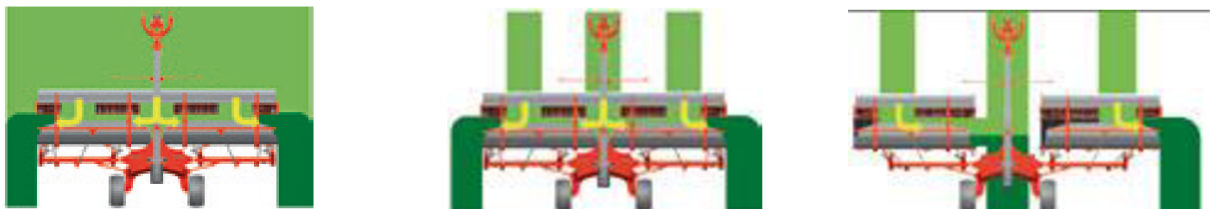
Zdroj: <https://www.lectura-specs.com/en/model/agricultural-machinery/rotary-tedders-lely/lotus-900-1040994>

3.4 Shrnovače

Shrnovače se používají ve chvíli, kdy dojde k usušení píce na požadovanou úroveň. Úkolem je uložit sklizený materiál do řádků a připravit jej pro následující sklizňové práce. Podobně jako obraceče, shrnovače nejprve nabere píci a pokračuje doprava píce. Na rozdíl od obracečů nedojde k rozptýlení materiálu, nýbrž k uložení píce na řádek. Dělení shrnovačů je v podstatě shodné s dělením obracečů. Vzhledem k tomu, že se dříve kladl důraz na univerzálnost těchto strojů pro obě operace obracení a shrnování, byly proto výše popsány principy práce pro jednotlivé stroje při funkci obracení a následně shrnování. Připojení k traktoru je následující. Aby nedocházelo k zajiždění píce, je doporučeno volit čelně nesené shrnovače připojené v předním třibodovém závěsu. Vhodné je sloučit dvě operace do jednoho přejezdu po pozemku čili do zadní části traktoru připojit např. sběrací lis. Nicméně limitující faktor čelně nesených shrnovačů je jejich pracovní záběr a s tím spojené transportní rozměry. V praxi se spíše využívají shrnovače s větším pracovním záběrem, které jsou návěsné či tažené a kvůli lepší manévrovatelnosti se připojují do zadní části traktoru (UNDERSANDER, 2011).

3.4.1 Shrnovače s průběžným dopravníkem

Základní princip práce koresponduje s ostatními druhy shrnovačů: nejprve píci nabrat, poté dopravit a uložit na řádek. U tohoto typu shrnovačů slouží ke sběru materiálu bubnový sběrač. Píce je sbírána sklopnými prsty a odkládána na průběžný dopravník, který ji dopraví na konec pásu a uloží ji na řádek. Stroj je rozdělen do 2 až 3 sekcí, jednak z důvodu kopírování terénu, jednak z důvodu kombinace pracovních režimů a několika možnostem způsobu vytváření řádků viz obr. č. 8. Podle Neu (2017) zajišťují shrnovače s průběžným dopravníkem spolu s bubnovými shrnovači méně kontaminovanou píci popelovinami. Dále Digman et al. (2013) uvádí, že tento způsob shrnování je k píci šetrnější a snižuje ztráty lístků.



Obr. č. 8 Shrnovač s průběžným dopravníkem

Zdroj: <https://www.kuhncenter.cz/file/sdff-get?id=725>

3.4.2 Rotorové shrnovače

Jedná se o jednoúčelové stroje. Rotor shrnovače je vybaven řízenými hrabícemi, které jsou vedeny v kulise rotoru. Podle velikosti rotoru je na něm umístěno 10–15 ramen. Na konci ramen jsou připevněny pružné dvojprsty, většinou dva a více párů. Při otáčení rotoru mění hrabice svoji orientaci. Vedení hrabic v kulise může být radiální nebo tangenciální. V pracovní fázi, tedy když nabírá píci, je ve svislé poloze. Při odkládání píce na řádek se hrabice sklopí pomocí vačkového mechanismu do vodorovné polohy. Pod rotorem jsou na podvozku připevněna kolečka, která napomáhají kopírovat terén. Výška rotoru by měla být nastavena tak, aby prsty hrabic nenabíraly zeminu a nekontaminovaly píci půdními částicemi. V rámci zachování kvality práce je rovněž potřeba dbát na šetrnou manipulaci s píci. Tudíž obvodová rychlost rotoru by měla být v rozmezí 6–8 m.s⁻¹. Otáčky na vývodovém hřídeli by se měly pohybovat v rozmezí 300–450 ot.min⁻¹ při pracovní rychlosti 12 km.h⁻¹. Energetická náročnost rotorových shrnovačů činí 6,2–6,8 kW.m⁻¹ (BŘEČKA et al., 2001). V praxi se můžeme setkat zejména u menších farmářů se shrnovači vybavenými jedním až dvěma rotory. Střední a velké zemědělské podniky pak využívají čtyř až šest rotorových shrnovačů.

Podle možnosti ukládání řádku dělíme rotorové shrnovače:

- Se středovým ukládáním řádku,
- Se stranovým ukládáním řádku.

Shrnovače se středovým ukládáním řádku jsou vybaveny jednou a více dvojicemi proti sobě otáčejících se rotorů, při jednom přejezdu tvoří přímo řádek. V současné době se tyto shrnovače vyrábějí převážně v návěsné či tažené podobě. Podvozek rámu u menších dvourotorových shrnovačů bývá vybaven říditelnou nápravou umístěnou za rotory. U větších čtyř a šesti rotorových shrnovačů bývá umístěn mezi přední a zadní dvojicí rotorů nebo v prostřední části rámu. Nesená varianta se spíše používá v provedení pro čelní zapojení do předního tříbodového závěsu traktoru. Konstrukce stranových shrnovačů je dvojí. V prvním případě jsou rotory rozmístěny na rámu za sebou, každý rotor na jedné straně. Rotory se otáčejí souhlasně. Standardně bývají tyto shrnovače dvourotorové, ovšem někteří výrobci nabízejí třírotorové modely viz obr. č. 9. V tom případě jsou dva rotory po stranách rámu a jeden rotor pracuje přímo pod rámem stroje (UNDERSANDER, 2013).



Obr. č. 9 Stranový shrnovač se třemi rotory

Zdroj: <https://www.vobosystem.cz/krone-shrnovace-swadro-vice>

V druhém případě konstrukce stranových shrnovačů jsou rotory vybaveny zesíleným tandemovým podvozkem a jednotlivé rotory jsou propojeny hydraulicky ovládaným ramenem, které umožňuje vysouvat zadní rotor do stran. Podle strany, na kterou je rotor vysunut, shrnovač odkládá píci na jeden nebo dva řádky. Při práci na pozemcích členitého tvaru je potřeba pomocí hydraulického okruhu ovládat zadní rotor tak, aby vhodně následoval přední rotor. Užitečnou pomůckou bude nově vazba mezi rotory, které by měla zajistit následování rotorů bez zásahu řidiče viz obr. č. 10.



Obr. č. 10 Hydraulická vazba pro navádění zadního rotoru

Zdroj: https://www.poettinger.at/cs_cz/produkty/detail/top2/top-dvourotorove-shrnovace-se-stranovym-odkladanim-radku

3.5 Sběrací lisy

Velký zlom ve sklizni pícnin, včetně sklizně slámy, přišel v 50. a 60. letech minulého století, kdy se v zemědělství rozšířily lisy na malé hranolovité balíky. Balíky vážily 20 až 30 kg a zaznamenaly doslova revoluci v zemědělství. Potřeba lidské práce během sklizňových prací se snížila zhruba na polovinu. Postupem 60. let nedokázala soudobá mechanizace uspokojit poptávku po univerzálních strojích pro manipulaci s nejednotně tvořenými balíky. Vystala tedy otázka, jak směřovat další vývoj lisů. Jedním řešením bylo vytvářet malé, hustě slisované svazky, které by bylo možné dopravovat pomocí šnekovicových nebo pásových dopravníků. Druhým řešením bylo vyrábět lisy, které by lisovaly větší balíky. Ovšem pro manipulaci s nimi by byla potřeba nakladače s příslušným vybavením. Postupem času se díky úrovni mechanizace přešlo spíše k druhému směru konstrukce lisů na velké balíky různých tvarů. Nicméně na trhu nalezneme i dnes nově vyráběné lisy na malé balíky, určené zejména pro malé farmáře, zejména v zámoří (STOUT, 1999).

Podle Javorka (2009) možnost lisování slámy obecně přináší řadu výhod, zejména snížení nákladů na dopravu a manipulaci s ní oproti volně sklizené a následně stohované či jinak skladované. Pro lisovaný materiál jsou typické nižší náklady na jednotku hmotnosti slámy. Dále uvádí nižší sklizňové a skladovací ztráty. Nevýhodou však činí vyšší vstupní náklady na pořízení adekvátních sběracích lisů, následně manipulačních a dopravních prostředků.

Využití sběracích lisů pro lisování sena je doporučeno do míst, kde je stálé počasí a pícní hmota je schopna dostatečně proschnout. Dosoušení slisované hmoty v balíkách je značně komplikované a nezaručuje požadovanou kvalitu krmiva. Při lisování sena je důležité, aby sušina sklizeného materiálu činila minimálně 81–83 %. Při nižších hodnotách sušiny pod 75 % hrozí tvorba plísní a následné znehodnocení krmiva pro hospodářská zvířata. V těchto případech je doporučeno použít konzervační přípravky a spíše takto vlhký materiál sklídit metodou senážování (ČERVINKA, 2002).

Dělení sběracích lisů podle objemové hmotnosti slisovaného materiálu:

- 1) Nízkotlaké lisy (objemová hmotnost do 100 kg.m^{-3}),
- 2) Vysokotlaké lisy (objemová hmotnost 100 až 400 kg.m^{-3}),
- 3) Briketovací nebo granulační lisy (objemová hmotnost 400 až 800 kg.m^{-3}).

Rozdělení nízkotlakých a vysokotlakých lisů podle tvaru a velikosti:

- lisy na hranolovité balíky:
 - a) malé – $0,4 \times 0,45 \times (0,4 \text{ až } 1,1)$ m, o hmotnosti do 40 kg,
 - b) velké – $1,5 \times 1,5 \times (1,5 \text{ až } 2,5)$ m, o hmotnosti 380 až 1000 kg,
 - c) zvlášť velké – $2 \times 3 \times 6$ m, o hmotnosti do 6000 kg.
- lisy na válcovité balíky (průměr do 1,8 m, šířka do 1,5 m):
 - a) s utuženým jádrem,
 - b) s neutuženým jádrem (KUMHÁLA et al., 2007).

3.5.1 Lisy na hranolovité balíky

Lisovací komora těchto lisů je orientovaná ve směru jízdy traktoru. Lisovaný materiál je sbírán z řádku pomocí sběrače a následně pomocí příčného dopravníku přiveden do lisovací komory. V praxi se setkáváme se třemi možnostmi, jak dopravit materiál do lisovací komory. V prvním případě je materiál dopravován ze stran šnekovnicovými dopravníky do prostřední části a odtud je materiál odebírán podavačem do lisovací komory. V druhém případě prsty podavače odebírají materiál od sběrače v jeho celé šířce a dopravují materiál do lisovací komory. V třetím případě příčný dopravník odebírá materiál z podélného dopravníku a plní lisovací komoru z boku. Podle daného lisu probíhá plnění komory buď ze spodní části, resp. podlahou, nebo z boční části, což určuje i směr dopravy balíku a jeho uložení na strniště: buď uložení balíku doprostřed jízdní dráhy traktoru, nebo vedle ní. Po plnění komory dochází ke stlačování vrstvy materiálu pomocí pístu. Lisování materiálu v lisovací komoře probíhá cyklicky. Od kontinuálního sbírání řádku se přejde nejprve k fázi plnění, poté k fázi stlačení vrstvy materiálu. Při opakovaném pohybu pístu dojde následující vrstvou k pohybu předchozí vrstvy lisovací komorou. U takto slisovaného balíku jsou na první pohled poznat jednotlivě lisované vrstvy. V každém případě je nutné, aby fáze byly načasovány tak, že při fázi stlačování vrstvy pístem nebudou prsty podavače zasahovat do komory. Po opuštění lisovací komory se jednotlivé vrstvy posouvají do lisovacího kanálu. Změnou průřezu kanálu jednak upravujeme velikost balíku, jednak hustotu slisování vrstev. Čím je menší průřez kanálu, tím vyšší je slisovanost výsledného balíku. Na horní straně lisovacího kanálu je umístěno hvězdicové kolo, které zaznamenává průchod hmoty ve vrstvách, a ve chvíli, kdy projde komorou dostatečné množství hmoty, spustí se vázání balíku. Princip vázání je následující: Jehla pronikne skrz slisované vrstvy a přivede motouz k motouzové svěrce. Ta sevře konec motouzu mezi dva

kotoučky a jehla se vrátí do výchozí polohy. Dochází k nalisování materiálu a motouz obepíná nově vytvářený balík. Ve chvíli, kdy je nalisován požadovaný objem materiálu, pronikne opět jehla vrstvami. Dojde k odříznutí motouzu, zauzlování a opět k navedení motouzu pro nový balík (SRIVASTVA et al, 2006).

Princip práce lisů na hranolovité balíky je stejný pro lisy na velké či malé balíky. Lisy určené pro lisování velkých balíků mohou být vybaveny řadou dalších konstrukčních prvků. Jednou z nich je předlisovací komora. Její princip spočívá v kumulaci a v částečném stlačení materiálu ještě před lisovací komorou. Výsledkem by měly být lépe rozebíratelné jednotlivé vrstvy v balíku. Dále jsou některé lisy vybaveny možností kombinovaného vkládání s řezacím ústrojím. Pakliže nestačí pro následné využití ani takto nařezaná hmota, zejména sláma pro energetické účely, je možné rozšířit sběrací ústrojí o drtič, jehož konstrukce se shoduje s drtiči používanými na sklízecích mlátičkách (JAVOREK, 2009).

Pro zvýšení efektivity práce mohou být oba typy lisů vybaveny různými akumulátory balíků. Po nasbírání určitého počtu balíků je akumulátor vyloží na strniště a připraví je pro následnou manipulaci. Snaha minimalizovat potřebu lidské práce při manipulaci s malými balíky vedla k rozvoji různě řešených dopravníků umístěných na konci lisovacích komor lisů. Někteří výrobci například doplňovali lisy na malé hranolovité balíky výložníky znázorněné na obr. č. 11, které umožňovaly dopravu balíků do vedle jedoucí odvozové soupravy. Jiným řešením byla dvojice pryžových pásů, která vystřelovala balíky do vozu připojený za lis.



Obr. č. 11 Výložník hranolovitých balíků

Zdroj: <https://i.ytimg.com/vi/0b-af-uSqVA/maxresdefault.jpg>

3.5.2 Lisy na válcovité balíky

V praxi nepřesně označovány jako lisy na „kulaté“ balíky. Balíky sice mají kruhový průřez, nicméně jsou formovány do plných válců. Ve většině případů při práci dochází k pravidelnému přerušování jízdy pracovní soupravy. Pracovní pojezd je tedy nekontinuální. Obecný princip práce je následující: Nejprve proběhne sběr píce nebo jiného materiálu určeného k lisování sběracím mechanismem. Poté, podle výbavy lisu, je lisovaný materiál možné řezat. Požadovaná délka řezanky se docílí použitím určitého počtu nožů. Následně je materiál přiveden do lisovací komory. Jádro balíku je roztáčeno proti směru jízdy lisovací soupravy. Na jádro se postupně nabalují vrstvy, až dojde k úplnému naplnění lisovací komory. Po slisování balíku je zpravidla nutno zastavit strojní soupravu, následně se spustí vázací systém. Balík je postupně omotáván do motouzu, případně sítě. Po dokončení lisovacího a vázacího procesu dojde k vyložení balíku. Podle členitosti terénu je možné u některých lisů využít možnosti automatického vykládání. V případě svažitéch pozemků je nutné, aby obsluha lisovací soupravy dobře zvažila místo vykládky balíku. V těchto případech, kdy nebude vyložen na místě, kde bude mít stabilní pozici, hrozí nekontrolovatelný únik balíku po svahu. Obecně dělíme lisy na válcovité balíky na:

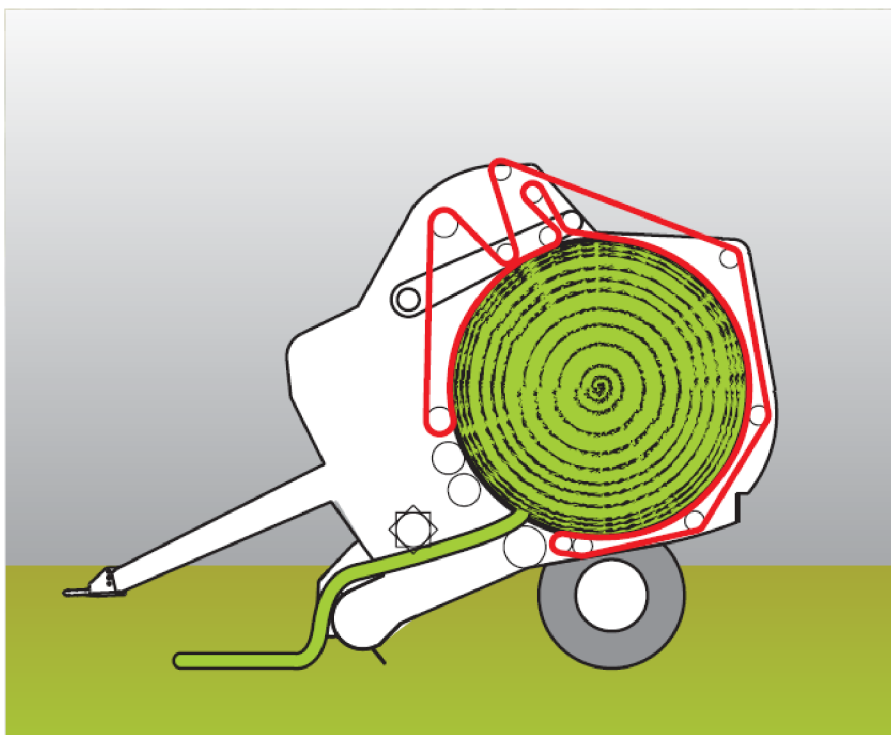
- 1) lisy s konstantní komorou,
- 2) lisy s variabilní komorou (BŘEČKA et al., 2001).

Dále Javorek (2017) rozděluje lisy podle provedení komor:

- válcové,
- laťové,
- pásové,
- kombinované.

Lisy s variabilní komorou

Tyto lisy formují a stlačují balík v podstatě od začátku, tedy od jádra balíku viz obr. č. 12. Lisovací komora je tvořena plochými pásy uspořádanými vedle sebe. Většina lisů je vybavena 2 až 5 pásy. Napínací mechanismus pásů udržuje potřebné napětí pásů v průběhu tvorby balíku. Toto napětí ovlivňuje výslednou slisovanost balíku. Můžeme ji měnit pomocí



Obr. č. 12 Lis na válcovité balíky s variabilní komorou

Zdroj: <https://www.kuhncenter.cz/nabidka-stroju/lisy/lisy-na-kulate-baliky/lisy-s-variabilni-komorou/rada-vb-3100>

pružin se stavitelným přepětím (SRIVASTVA et al., 2006). U novějších strojů lze měnit požadovaný lisovací tlak, resp. napětí pásů, z pohodlí kabiny přes palubní počítač.

Dále umožňují nastavení různých lisovacích tlaků, podle úrovně naplnění komory. V praxi se toho využívá při lisování materiálu s vyšší vlhkostí, aby byl částečně umožněn přístup vzduchu.

Lisy s konstantní komorou

Jedná se v podstatě o konstrukčně jednodušší řešení svinovacích lisů. Jednotlivé části lisu jsou shodné s předchozím typem lisu kromě lisovací komory. Lisovací komora je tvořena zpravidla lisovacími ocelovými válci, laťovými dopravníky či jejich kombinací viz obr. č. 13. Průměr balíků je zpravidla dán konstrukčními rozměry lisovací komory. V tomto případě nedochází k utužování jádra od začátku lisování nového balíku. Nejprve je vytvářeno jeho měkké jádro, a to tak, že je materiál přiváděn do lisovací komory a postupně roztáčen ocelovými válci umístěnými ve dně lisovací komory. Dochází k postupnému zaplňování komory a neuspořádanému nabalování vrstev. Ve chvíli, kdy dojde k dostatečnému zaplnění komory, začnou válce nebo laťové dopravníky utužovat posledních několik vrstev balíku.



Obr. č. 13 Lis na válcovité balíky s konstantní komorou

Zdroj: https://www.poettinger.at/cs_cz/produkty/detail/impf/impres-f-lisy-na-kulate-baliky-s-pevnou-komorou

Po úplném zaplnění komory dojde ke spuštění vázacího systému a po zabalení je balík připraven k vyložení. Někteří výrobci uvádějí na trh modely, které jsou konstruovány tak, že skupina několika válců se sklopí směrem do komory a tím formují balík (JAVOREK, 2009).

Mobilní kombinované lisy

Lisy na válcovité balíky je dále možné rozšířit o výbavu pro ovíjení balíků do fólie. Nejprve je balík slisován a zavázán v lisovací komoře. Poté je vyložen na podávací stůl ovíječky. Ve chvíli, kdy je balík připraven k ovíjení, pokračuje lisovací souprava v pojezdu. V průběhu lisování nového balíku je předchozí balík ovinut do fólie a připraven k vyložení. Podle daných podmínek a zkušeností obsluhy je ovinutý balík vyložen při pojezdu soupravy, nebo k jeho vyložení dojde až v okamžiku zastavení z důvodu vázání nového balíku. Své využití tyto lisy najdou nejenom při lisování a ovíjení senáže. Některé ovíječky u kombinovaných lisů mohou posloužit rovněž jako akumulátor balíků. Při slisování prvního balíku tedy dojde k vyložení na podávací stůl ovíječky a v lisovací komoře dochází k lisování druhého balíku. Po jeho slisování a zavázání dojde k vyložení obou balíků v jednom místě, což může zefektivnit následnou manipulaci a dopravu balíků z pozemku (ZHORTUYLOV et al., 2013).

V posledních letech přišli výrobci s několika variantami lisů na válcovité balíky, které dovolují kontinuální pojezd lisovací soupravy. Schéma těchto lisů je podobné kombinovaným lisům. Mezi sběracím, resp. vkládacím ústrojím a lisovací komorou je však vložen prostor určený pro kumulaci materiálu během vázání balíku v lisovací komoře.

Stacionární kombinované lisy

Úkolem těchto lisů je lisovat jemně řezané až sypké materiály do válcovitých balíků. Čím je jemnější materiál, tím jsou samozřejmě vyšší ztráty. Typickým příkladem je lisování kukuřičné siláže. Kromě siláže je dále možné lisovat řepné řízky, pivovarské mláto, senáž, či kukuřici sklizenou formou CCM (HRUŠKA, 2019). Některým podnikům vyhovuje uskladnění krmiva a další manipulace ve válcovitých balících. Základní princip je podobný jako pro stroje pro plnění vaků. Princip práce je popsán pro lis zobrazený na obr. č. 14. Materiál určený k lisování je vyložen na dávkovací stůl. Z dávkovacího stolu vede hrabicový dopravník, který ústí do lisovací komory. Ta je tvořena dvojicí pásů s napínacím mechanismem a lisovacími válci po obvodu komory. Po slisování balíku je možnost zavázání do sítě nebo fólie. Po zavázání je balík vyložen z lisovací komory na horizontálně pohyblivý ovíjecí stůl, který ho dopraví do prostoru mezi ovíjecí ramena. Po ovinutí je balík vyložen na zem a připraven k uskladnění. I v tomto případě platí, že při vázání a vykládání balíku je plnicí proces přerušen.

(OROSZ et al., 2010) uvádí, že výše popsáný model stacionárního kombinovaného lisu umožňuje lisovat materiál v rámci širokého rozmezí obsahu sušiny (290–520 g/kg).



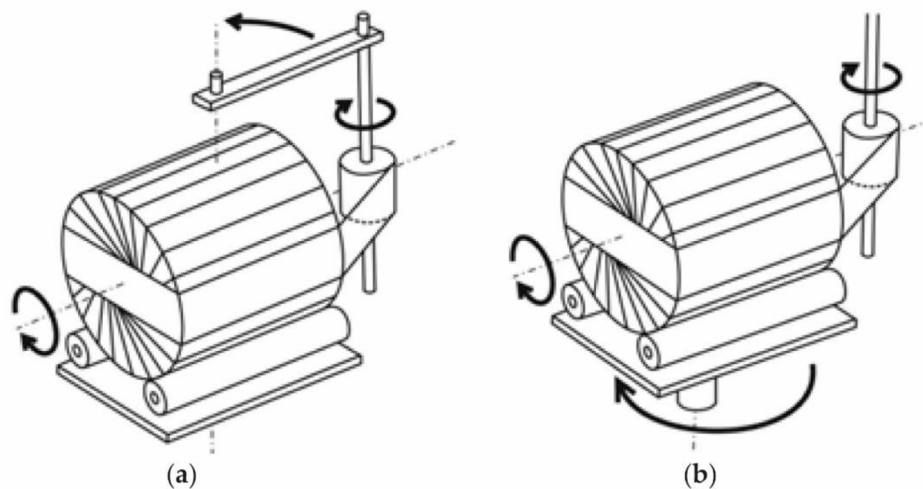
Obr. č. 14 Schéma stacionárního kombinovaného lisu

Zdroj: https://www.peragro.cz/files/product/gallery/66/b6qs_ltm.jpg

3.6 Oviječky

Slouží ke konzervaci krmiva ve slisovaných balících. Primárně dochází k ovinutí senážních balíků, které jsou určeny k fermentaci. Podle prodyšnosti fólie a počtu vrstev je možné ovinout balíky sena i slámy, v případě, že je nelze uskladnit do zastřešeného prostoru a je nežádoucí, aby balíky degradovaly vlivem počasí (STOUT, 1999).

V současné době se nabízí oviječky v mnoha provedeních pro válcovité či hranolovité balíky. Kromě standardních systémů připojení k traktorům je možnost připojit oviječku k čelnímu nakladači. Některé stacionární modely jsou vybaveny vlastním spalovacím motorem, kterým pohánějí provozní hydrauliku. Prvním základním konstrukčním principem jsou oviječky s otáčejícím stolem viz obr. č. 15a). Cívka s fólií je umístěna na rám oviječky tak, aby se mohla fólie odvíjet. Stůl zajišťuje horizontální a vertikální otáčení balíku, tak aby byl pokryt fólií celý plášť válce. Ve druhém případě se jedná o kombinaci dvojice válců a ovijecího ramene s fólií viz obr. č. 15b). Válce zajišťují vertikální otáčení balíku. Cívka s fólií je umístěna na rameni rotujícím kolem balíku (STANKIEWICZ, 2019).



Obr. č. 15 Základní typy provedení oviječek

Zdroj: STANKIEWICZ, 2019

3.7 Sběrací vozy

Používají se zejména v případech, kdy sbíraný materiál ze řádku bude volně uložen ve skladovacím prostoru. Sběrací vozy zaznamenaly svoji velkou éru v druhé polovině minulého století. Jednalo se o běžně používané stroje, zejména při sběru píce nebo slámy. Kromě toho se dále využívají ke sběru zeleného krmení (čerstvě posečená píce určená k přímému zkrmení skotu). Postupem času byla konstrukce těchto lisů rozšířena o řezací ústrojí. Tím pádem se i sběrací vozy staly funkční alternativou sklízecích řezaček při sklizni senáže. Tyto stroje zajišťují dvě sklizňové operace, a to:

- sběr píce,
- dopravu píce (VERNER, 2017).

Základními částmi, mimo rámu s podvozkem, jsou:

1. sběrač,
2. pěchovací mechanismus,
3. řezací mechanismus,
4. korba s dopravníkem (BŘEČKA et al., 2001).

Materiál je pomocí sběrače sbírán z připraveného řádku. Dále materiál pokračuje do pěchovacího mechanismu. Ten má za cíl odebrat sbíraný materiál od sběrače a uložit ho do korby.

V současné době jsou nejvíce používané bubnové pěchovací mechanismy. Caba et al. (2013) uvádí ve své práci, že vkládací buben napomáhá jednak plynulému toku materiálu dopravním kanálem, jednak správnému řezání materiálu.

Proti vkládacímu bubnu je umístěno řezací ústrojí. Jednotlivé nože jsou umístěny na rámu a tlačeny do záběru pomocí pružin. Ty zároveň slouží jako pojistka proti poškození při sebrání tvrdého předmětu. Snahou výrobců je zajistit snadno dostupný přístup k jednotlivým nožům v případě jejich broušení nebo výměny. Samotná délka řezanky jednotlivých materiálů je předmětem řady výzkumů. Stout (1999) uvádí délku řezanky sena při potřebě dosoušení 20–40 cm a délku řezanky určenou k senážování 8–10 cm.

Sbíraný materiál je ukládán do korby vozu. Pro posuv a vykládání materiálu je určený osvědčený systém dopravníku na dně ložné plochy. Objem ložných prostorů se pohybuje v rozmezí 15–100 m³. Je však potřeba brát v potaz objemovou hmotnost jednotlivých materiálů.

Pro efektivnější zaplnění korby jsou některé modely vybaveny naklápěcím čelem. Při vkládání materiálu je čelo sklopeno směrem dovnitř ložného prostoru. Postupně dochází k zaplňování korby a pěchování materiálu. V určitý moment, aby nebyl pěchovací mechanismus přetěžován nebo nedošlo k ucpání dopravního kanálu, je uveden do činnosti dopravník, který posune nahromaděný materiál. Ve chvíli, kdy je naplněna část korby mezi sklopeným čelem a zadní částí korby, začne se čelo postupně vracet do své krajní polohy. Po naplnění ložného prostoru následuje doprava nasbíraného materiálu k místu vykládky.

Sloučení dvou operací je nespornou výhodou tam, kde nelze vždy zajistit dostatečný počet obsluhy pro hladký průběh sklizně. Suokannas et al. (2009) porovnávali kvalitu práce několika modelů od různých výrobců. Oproti tažené sklízecí řezačce byla řezanka tvořená sběracími vozy několikrát delší. Energetická náročnost řezačky činila 0,94 kWh/t, zatímco pro sběrací vozy 0,57 kWh/t. Avšak v celkovém porovnání s ohledem na množství nařezané hmoty byla energeticky efektivnější sklízecí řezačka. Dále z výzkumu vyplynulo, že délka řezanky se odvíjí od rychlosti pojezdu a zaplnění pěchovacího mechanismu, resp. vkládacího bubnu. Čím více materiálu prochází řezačkou, tím kratší řezanka. Rovněž byla zaznamenána nižší spotřeba paliva u materiálu s vyšším obsahem sušiny.

V rámci snahy o komplexní využití sběracích vozů jsou současné modely běžně využívány také jako velkoobjemové vozy, např. při sklizni silážní kukuřice. I z tohoto důvodu jsou nově vyráběné sběrací vozy konstrukčně řešeny tak, aby byla možná snadná demontáž sběracího ústrojí a při dalším využití nedocházelo k jeho poškození. Nápravy těchto vozů jsou koncipované taktéž pro častou jízdu po dopravních komunikacích a jejich nejvyšší povolená rychlost je běžně zvýšena na 40 km/h i více, aby byla adekvátní rychlosti traktoru. Víceosé nápravy jsou běžně poskytovány s jednou nebo více řízenými nápravami. Ovládání může být pomocí mechanických táhel, nebo použitím hydraulického okruhu traktoru.

3.8 Sklízecí řezačky

Používají se zejména při sklizni píce formou senážování či silážování. Podle aktuálního druhu sklizeného materiálu je připojen ke sklízecí řezačce příslušný adaptér. Základním principem práce je doprava materiálu do řezacího ústrojí, kde je vytvářena řezanka ze sklizeného materiálu (ZHANG, 2020). Dále je řezanka odvedena dopravním ústrojím do odvozového prostředku. Sklízecí řezačky rozdělujeme podle způsobu pohonu:

- traktorové (tažené, nesené),
- samojízdné.

Dále dělíme sklízecí řezačky podle řezacího ústrojí:

- cepové,
- kolové,
- bubnové.

3.8.1 Cepové řezačky

Jedná se o starší provedení řezacího ústrojí. Tyto řezačky bývají převážně tažně nebo neseně připojeny k traktoru. Cepy jsou připevněny k hřídeli a otáčejí se kolem vodorovné osy. Jejich použití je zpravidla spojené s přímou sklizní plodin, jelikož kombinuje dvě sklizňové operace, a to sečení a řezání. Řezanka sklizená těmito stroji má však nízkou objemovou hmotnost, dochází k nerovnoměrné délce a kontaminaci řezanky. V současné době se spíše využívají k sečení a následnému nadrcení a rozptýlení hmoty po strništi, například při údržbě pozemků těžce přístupných s běžnou sklizňovou technikou (BŘEČKA et al., 2001).

3.8.2 Kolové řezačky

Nože jsou připevněné na kolovém nosiči nožů. Pohyb nožů je kolmý k ose rotace nosiče nožů. Břit nožů může být v různých provedeních: přímkový přímý nebo lomený; křivkový břit konvexní; křivkový břit konkávní. I toto provedení řezacího ústrojí patří mezi méně výkonné a bývá součástí traktorových sklízecích řezaček. Výhodou těchto strojů je příznivá kvalita práce a jednoduchá konstrukce. I z tohoto důvodu jsou běžně využívány menšími zemědělci (SRIVASTVA et al, 2006).

3.8.3 Bubnové řezačky

Princip tohoto typu řezacího ústrojí je hojně využíván u samojízdných sklízecích řezaček. Nejprve je sklizený materiál přijímán od adaptéru vkládacími válci. Ty dopravují materiál dále k řezacímu ústrojí a upravují délku výsledné řezanky. Řezací ústrojí je tvořeno bubnem s noži umístěnými na jeho plášti. Aby bylo zajištěno kvalitní řezání materiálu, je proti bubnu umístěn břit protiostrří. Uspořádání nožů na bubnu se podle výrobců u různých modelů liší. V odvodním kanálu může být doplněn mačkač zrn, jehož cílem je narušení zrna a rozmělnění buněčné struktury stonků. Následuje metač, který urychlí řezanku a dopraví ji odhozovou koncovkou do odvozového prostředku (KUMHÁLA et al., 2007).

I v tomto případě je nutnost dbát na ostrost řezacích nožů, při nedostatečné ostrosti břítu nastává nárůst energetické náročnosti stroje a zároveň dochází ke zhoršení kvality řezanky. Novější typy sklízecích řezaček mohou být vybaveny rozšířenou sadou pro automatické broušení nožů. Wild et al., (2009) porovnával vztah mezi spotřebou paliva a opotřebením nožů. Došel k závěru, že obsluha výrazně zkracovala interval mezi jednotlivými broušeními, čímž byla snižována výsledná efektivita práce. Dále Wild et al., (2011) uvádí, že při nižším množství průchozího materiálu sklízecí řezačkou (rozdíl 16 kg/s) byla naměřena vyšší měrná spotřeba paliva až o 20 %.

Zejména samojízdné řezačky jsou konstruovány tak, aby byla umožněna snadná výměna jednotlivých sklizňových adaptérů. Sběrač řádků se používá zejména při sklizni píce ke sběru materiálu z připravených řádků. Konstrukce je obdobná jako u ostatních strojů vybavených sběracím ústrojím. Pružné prsty jsou připevněny na obvodových hřídelích. Vodicí dráha je uzpůsobena tak, aby se prsty po sebrání a zvednutí hmoty sklopily a odložily materiál. Žací adaptér pro nízké plodiny je využíván při přímé sklizni pícnin metodou GPS. Žací ústrojí může být uzpůsobeno jednak pro sečení s protiostrřím, tedy přímovratným pohybem nožů, jednak pro sečení bez protiostrří, tedy s rotujícími noži. Adaptéry pro vysoké plodiny se primárně využívají při sklizni silážních plodin, např. kukuřice, čiroku atd. Sečení zajišťují žací bubny otáčející se okolo svislé osy. Dále mají za cíl dopravit uříznutou plodinu ke vkládacímu ústrojí. Řádkové žací adaptéry se podle dané konstrukce používají buď pro celorostlinnou siláž širokořádkových plodin, anebo pro sklizeň kukuřice formou LKS. Ve druhém případě se jedná o stejný koncept adaptéru jako u adaptérů sklízecích mlátiček pro sklizeň kukuřičného zrna (STOUT, 1999).

Vlastní práce

4 Metodika

4.1 Popis pokusné plochy

Měření proběhlo na pokusném pozemku o výměře 2400 m², který byl rozdělen do čtyř částí o výměře 600 m². Varianty a počty operací jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Tab. č. 1 Popis jednotlivých úseků

Číslo úseku	Druh žacího stroje	Počet obracení
1	Bubnový	Rozhoz + 1
2	Bubnový	Rozhoz + 2
3	Diskový s čechračem	Rozhoz + 1
4	Diskový s čechračem	Rozhoz + 2

Pokusný pozemek se nachází v obci Orlické Záhoří na části půdního bloku 5001/14 v nadmořské výšce 672 m n.m. Průměrná svažítost činí 3,7°. Vytyčený pozemek je znázorněn na obr. č. 16. Jedná se o propojení několika parcel. Standardně jsou prováděny dvě seče. Pokus byl uskutečněn při druhé sklizni.



Obr. č. 16 Vytyčený pozemek
Zdroj: eagri.cz, upraveno 2023

4.2 Postup jednotlivých činností

Nejprve proběhlo posečení částí č. 1 a 2 pokusného pozemku pomocí bubnového žacího stroje. Následovalo sečení částí č. 3 a 4 diskovým žacím strojem vybaveným čechracím rotorem. Proběhlo namátkové odebrání vzorků z částí 1 a 2 a z částí 3 a 4 pro hodnocení obsahu sušiny. Třetí den proběhlo rozhození řádků na široko a odebrání vzorků z částí 1 a 2 a z částí 3 a 4. Čtvrtý den proběhlo obrácení pouze částí 2 a 4. Byly namátkově odebrány vzorky zvlášť z jednotlivých částí. Pátý den proběhlo obrácení jednotlivých částí a poslední odebrání vzorků. Vzorky byly uloženy do neprodyšných sáčků pro následné dosušení a určení obsahu sušiny.

4.3 Použitá mechanizace při měření

První sečení proběhlo bubnovým žacím strojem ŽTR 215 v agregaci s traktorem CLAAS ARION 630. Druhá polovina byla posečena diskovou žací kombinací Kuhn. V zadním tříbodovém závěsu traktoru VALTRA T235 byla připojena kombinace KUHN FC 8830 D a v předním tříbodovém závěsu připojen čelní žací stroj KUHN FC 1025 F. Pro obrácení byl použit obrabeč LELY LOTUS 1020 v agregaci s traktorem JCB FASTRAC 2140. Základní technické a výkonové parametry strojů jsou popsány v tabulce č. 2 a 3.

Tab. č. 2 Základní výkonové parametry traktorů

Označení traktoru	Výkon
CLAAS ARION 630	103 kW/138 k při 2200 min ⁻¹
VALTRA T235	173 kW/235 k při 1900 min ⁻¹
JCB FASTRAC 2140	114 kW/155 k při 2200 min ⁻¹

Tab. č. 3 Základní technické parametry pracovních strojů

Označení stroje	Příkon	Pracovní záběr [m]
Agrostroj Pelhřimov ŽTR 215	45 kW/60 k	2,16
KUHN FC 8830 D	140 kW/191 k	8,73
KUHN FC 3125 F	50 kW/68 k	3,10
LELY LOTUS 1020	45 kW/60 k	10,20

CLAAS ARION 630 agregovaný s ŽTR 215

Bubnový žací stroj ŽTR 215 byl zakoupen společně s čelním žacím strojem ŽTR 184 F jako první žací kombinace na podnik Ekolife v roce 1998. Původně byla kombinace agregována s též nově pořízeným traktorem Zetor 10540. V roce 2005 byla pořízena novější žací technika značky KUHN vybavená čechrači a nahradila oba bubnové žací stroje. Od té doby oba stroje sloužily výhradně jako záložní. Požadovaný příkon a šířka pracovního záběru jsou uvedeny v tabulce č. 3. Žací stroj je možné připojit k energetickému prostředku s třibodovým závěsem kategorie II. Maximální otáčky na vývodovém hřídeli jsou stanoveny na 540 min^{-1} . Sečení zajišťují dva bubny se čtyřmi žacími noži.

Traktor Claas ARION 630 byl zakoupen v roce 2012. V době pokusu měl traktor odpracovaných 7526 mth. Vzhledem k povaze podniku je používán zejména při dopravě a pícninářských pracích. Traktor je poháněn šestiválcovým motorem značky John Deere a vybaven mechanickou převodovkou typu PowerShift. Dále je traktor vybaven dvěma vnitřními hydraulickými okruhy pro přední a zadní třibodový závěs a třemi vnějšími hydraulickými okruhy. Výše uvedená souprava je zobrazena na obr. č. 17.



Obr. č. 17 Claas Arion v agregaci s ŽTR 215

Zdroj: Archiv autora

VALTRA T235 agregovaná s žací kombinací KUHN

Žací kombinace KUHN FC 8830 D a 3125 F byla prvně použita v roce 2020. Jedná se již o třetí žací trojkombinaci používanou na podniku Ekolife. Žací ústrojí KUHN FC 8830 D tvoří sedm disků s dvěma noži, které jsou kolmo na sebe orientovány. Posekaná a upravená píce je ukládána na řádek o šířce 1,45 m. Píce je upravována pomocí čechračů, resp. čechracích válců s ocelovými prsty. Intenzitu čechrače lze nastavovat do pěti pozic. Dále je možné měnit otáčky čechrače $755\text{--}1000\text{ min}^{-1}$. Kloubové zavěšení žacích jednotek dovoluje upravovat šířku pracovního záběru. Využívá se zejména při obsekávání sklizeného pozemku, aby i při jízdě do zatáčky byl zajištěn přesah a nevznikala neposečená místa. Maximální otáčky na vývodovém hřídeli jsou 1000 min^{-1} . Čelní žací stroj KUHN FC 3125 F vychází ze stejného konceptu, co se týče žacího ústrojí a čechrače. Rozdílná je šířka řádku, do kterého je píce ukládána. Ta je nastavitelná podle potřeby v rozmezí 1,20–2 m.

Traktor Valtra T235 byl zakoupen v roce 2019. Jednalo se o první traktor na podniku s výkonem vyšším než 200 koní. Traktor je poháněn šestiválcovým motorem firmy AGCO. Plynulá převodovka Direct je navržena přímo firmou Valtra. Nabízí řidiči čtyři pracovní rozsahy rychlostí. Dva vnitřní hydraulické okruhy zajišťují ovládání předního a zadního tříbodového závěsu. Dále traktor nabízí čtyři vnější hydraulické okruhy. I přesto, že se jedná o poměrně robustní traktor, je běžně na podniku využíván s připojeným čelním nakladačem zejména při manipulaci s balíky. Na obr. č. 18 je zachycena popsána souprava při sečení úseku č. 3 a 4.



Obr. č. 18 Valtra T235 v agregaci s žací kombinací Kuhn

Zdroj: Archiv autora

JCB FASTRAC 2140 agregovaný s obracečem LELY LOTUS 1020

Jedná se o třetí obraceč Lotus od firmy Lely. První obraceč byl zakoupen v roce 2013. Ve srovnání s předchozími obraceči na podniku se jednalo o nový koncept obraceče. Kromě dobré kvality práce se osvědčily i po stránce konstrukční. Rotory obraceče je možné zdvihnout, aniž by bylo nutné složit celý stroj. Při skládání stroje se každé rameno sklápí pouze v jednom bodě kolmo. Rozkládání a zajištění obraceče se ovládá dvěma vnějšími hydraulickými okruhy. Obraceč na obrázku ... byl pořízen v roce 2017. Maximální otáčky na vývodovém hřídeli jsou stanoveny na 540 min^{-1} .

Traktor JCB FASTRAC 2140 byl pořízen v roce 2010. Traktor je poháněn šestiválcovým motorem Cummins. Je vybaven mechanickou převodovkou s řazením pod zatížením. Jistým specifíkem je odpružení přední i zadní nápravy a vzduchový brzdový systém. Řadu let byl v provozu zejména v agregaci se sběracím lisem, dále pak v dopravě. Na obr. č. 19 je zobrazena výše popsaná souprava při obracení úseků č. 2 a 4.



Obr. č. 19 Jcb Fastrac v agregaci s obracečem Lely

Zdroj: Archiv autora

4.4 Určování průběžného obsahu sušiny

V průběhu pokusu byly postupně odebírány vzorky pro porovnání obsahu sušiny v jednotlivých úsecích. Vzorky byly nejprve zabaleny do mikrotenových sáčků a poté uloženy do neprodyšných plastových sáčků. Vyhodnocení obsahu sušiny bylo získáno na základě vysušeného zbytku hmotnosti vzorku píce. Sušení probíhalo při teplotě 105 °C.

Vzorky byly umístěny do vysušených a odvážených hliníkových vaniček. Jednotlivé vaničky byly řádně označeny, aby nedošlo k záměně vzorků. Poté byly vaničky s vzorky zváženy a uloženy do vyhřáté sušárny zobrazené na obr. č. 20, kde byly sušeny při teplotě 105 °C. Délka sušení se pohybovala v rozmezí 2–4 hodin, podle hmotnosti a vlhkosti vzorku. Ve chvíli, kdy je vzorek řádně vysušen je nutné zajistit rychlé zvážení, aby vzorek píce nenavazoval vzdušnou vlhkost a nedocházelo tím k nepřesnostem v měření.

Pro výpočet vlhkosti píce byl použit tento vztah:

$$x = \frac{a - b}{a} \cdot 100$$

x = vlhkost vzorku [%]

a = hmotnost vzorku píce [g]

b = hmotnost vysušeného vzorku [g]

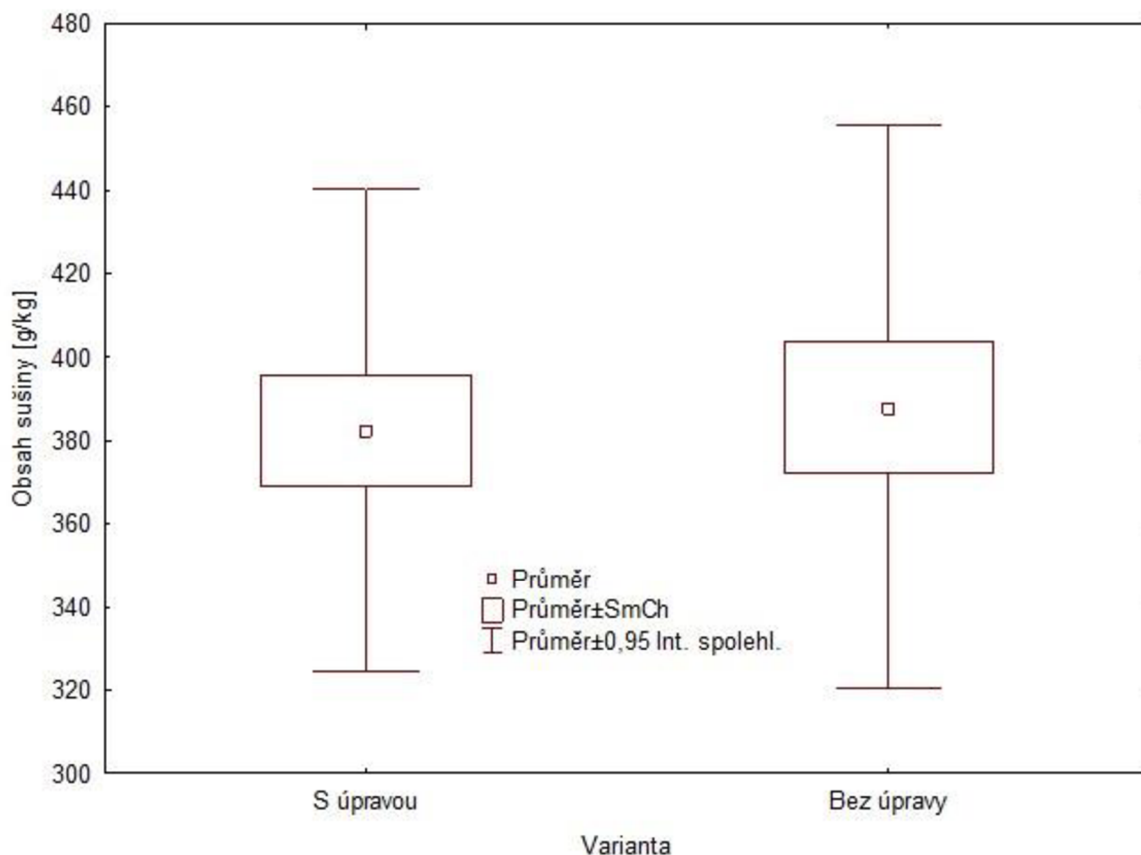


Obr. č. 20 Sušárna pro dosoušení vzorků

Zdroj: Archiv autora

5 Interpretace výsledků

Graf č. 1 Hodnoty obsahu sušiny vzorků odebraných první den

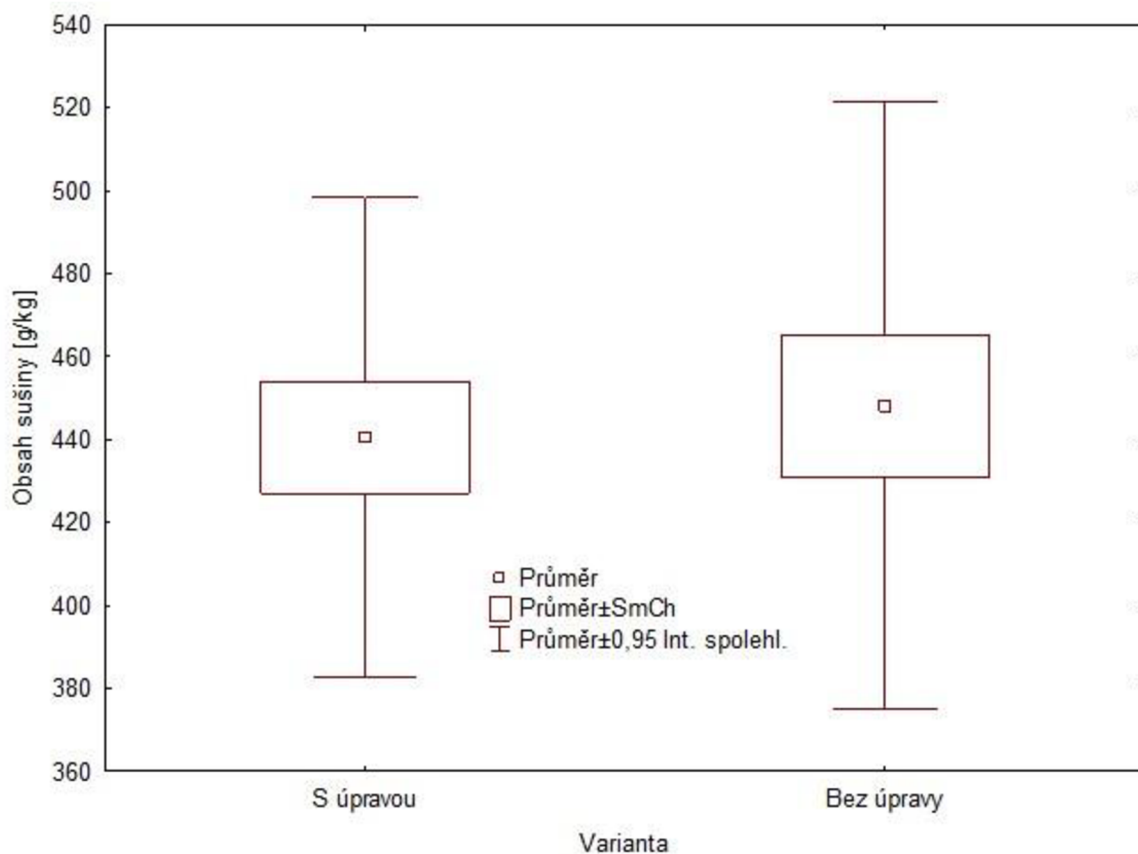


První vzorky byly odebrány první den po posečení. Na grafu č. 1 jsou znázorněny průměrné hodnoty obsahu sušiny v píci. Kromě grafického vyhodnocení byl proveden i Tukeyův post-hoc test na hladině významnosti 0,05 viz tabulka č. 4. Na základě testu nebyl prokázán statisticky významný rozdíl v obsahu sušiny píce upravené čechráním a neupravené píce. Byly však vykazovány průměrně vyšší hodnoty obsahu sušiny při variantě neupravené píce.

Tab. č. 4 Tukeyův test pro vzorky odebrané první den

Tukeyův HSD test; proměnná Obsah sušiny [g/kg]		
Homogenní skupiny, alfa = ,05000		
Chyba: meziskup. PČ = 640,64, SV = 4,0000		
Varianta	Obsah sušiny [g/kg] Průměr	1
S úpravou	382,3624	****
Bez úpravy	387,9198	****

Graf č. 2 Hodnoty obsahu sušiny vzorků odebraných třetí den

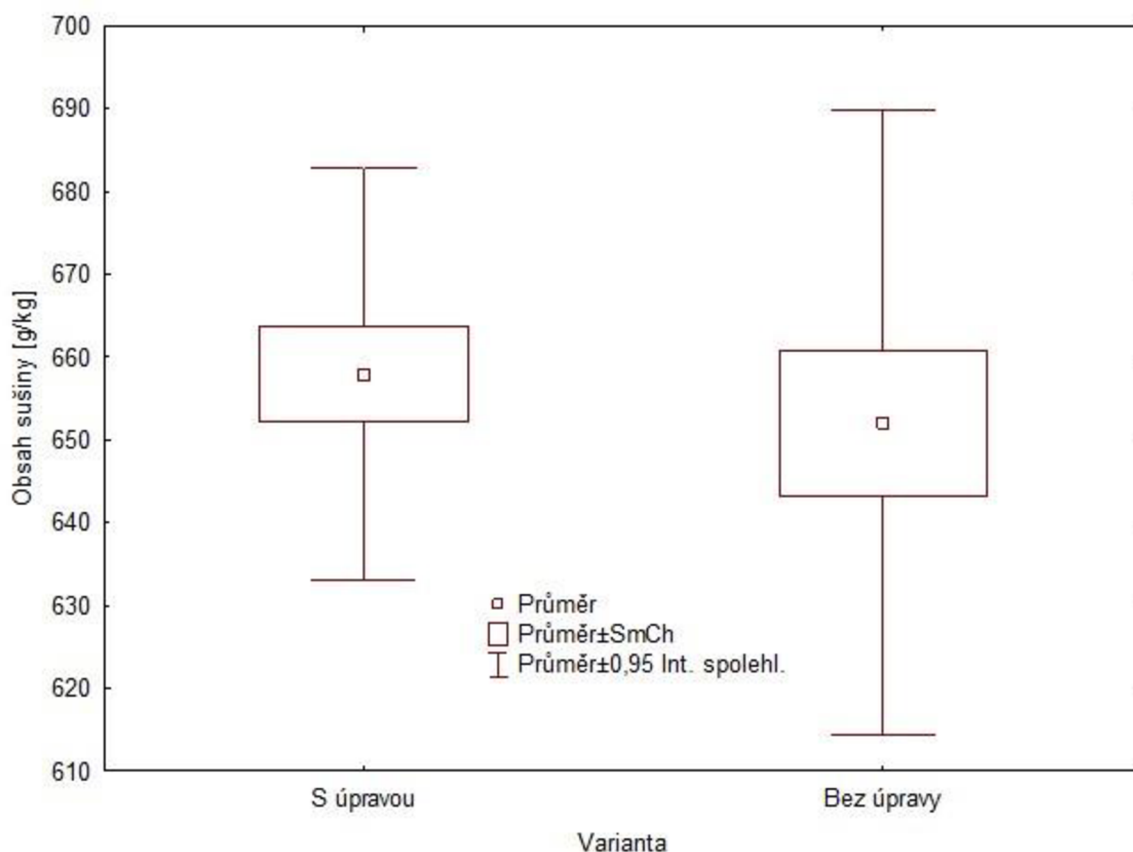


Druhé vzorky byly odebrány třetí den po rozhození píce na široko. Obsah sušiny obou variant je zobrazen v grafu č. 2. Na základě provedeného Tukeyova post-hoc testu nebyl prokázán statisticky významný rozdíl v obsahu sušiny viz tabulka č. 5. Opět byly vykazovány průměrně vyšší hodnoty u varianty bez úpravy.

Tab. č. 5 Tukeyův test pro vzorky odebrané třetí den

Tukeyův HSD test; proměnná Obsah sušiny [g/kg]		
Homogenní skupiny, alfa = ,05000		
Chyba: meziskup. PČ = 705,78, SV = 4,0000		
Varianta	Obsah sušiny [g/kg] Průměr	1
S úpravou	440,4809	****
Bez úpravy	448,1656	****

Graf č. 3 Hodnoty obsahu sušiny vzorků odebraných čtvrtý den

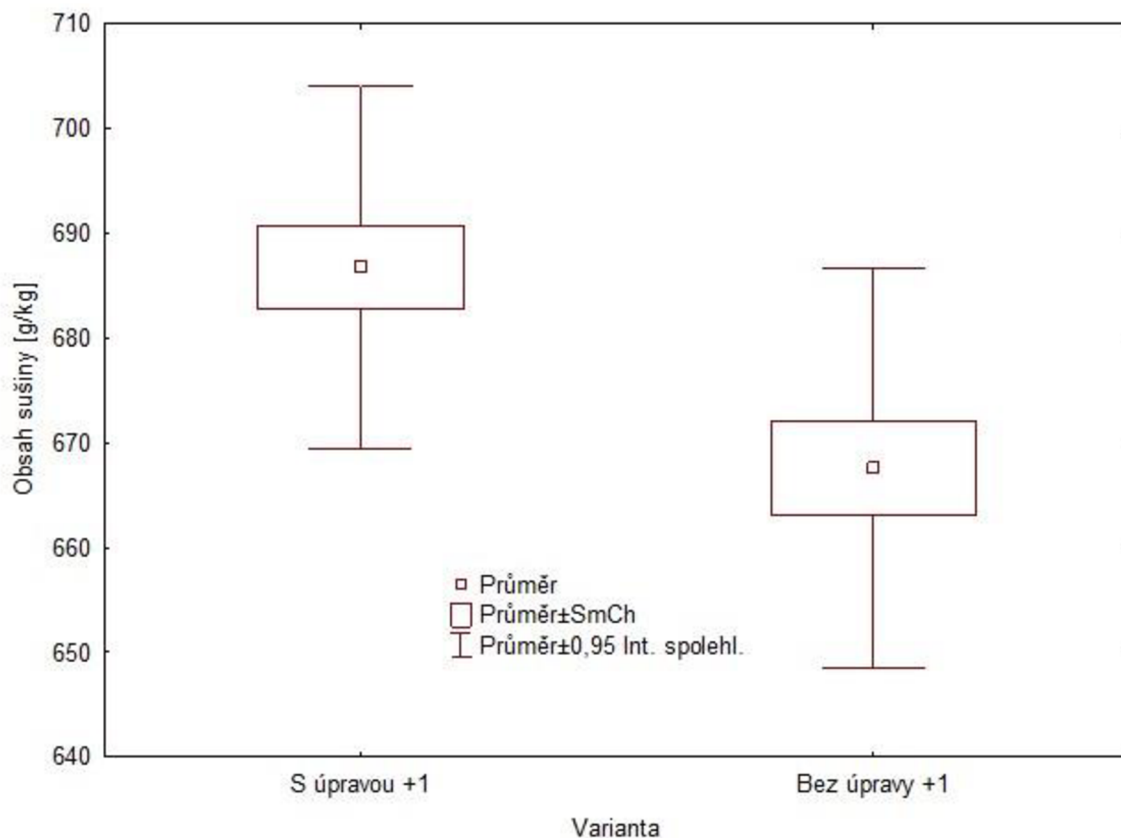


Další vzorky byly odebrány čtvrtý den. Od tohoto dne byly odebírány vzorky zvlášť pro všechny čtyři části. V tomto případě se jedná o vzorky z úseků 1 a 3. Tento graf č. 3 znázorňuje obsah sušiny ze čtvrtého dne, přičemž třetí den proběhlo pouze jedno obrácení, resp. rozhození píce. Na základě Tukeyova post-hoc testu nebyl prokázán statisticky významný rozdíl viz tabulka č. 6. Avšak píce upravená čechráním vykazovala průměrně vyšší hodnoty obsahu sušiny.

Tab. č. 6 Tukeyův test pro vzorky odebrané čtvrtý den

Tukeyův HSD test; proměnná Obsah sušiny [g/kg]		
Homogenní skupiny, alfa = ,05000		
Chyba: meziskup. PČ = 165,30, SV = 4,0000		
Varianta	Obsah sušiny [g/kg] Průměr	1
Bez úpravy	652,0305	****
S úpravou	658,0343	****

Graf č. 4 Hodnoty obsahu sušiny vzorků odebraných čtvrtý den

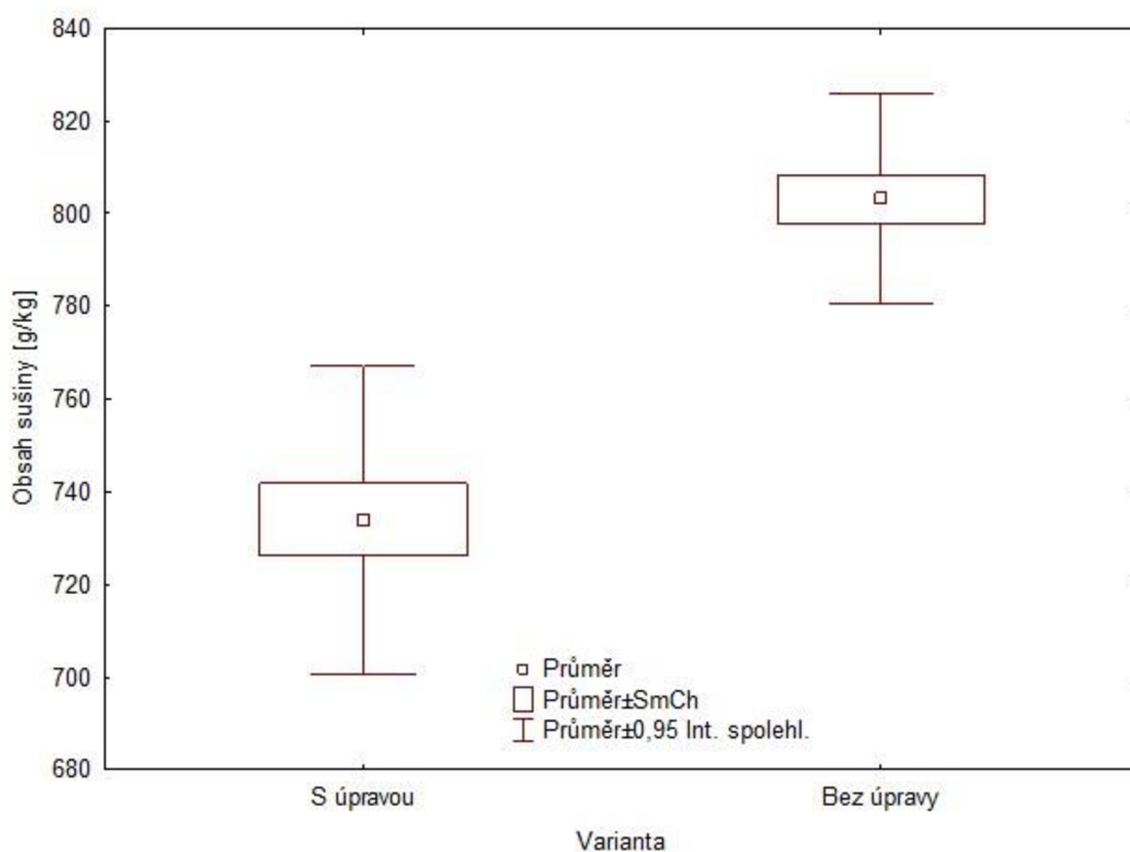


Na grafu č. 4 jsou vyobrazeny hodnoty vzorků z úseků 2 a 4 odebrané čtvrtý den po rozhození a obrácení píce. I v tomto případě byl proveden Tukeyův post-hoc test, který tentokrát prokázal staticky významný rozdíl v obsahu sušiny na hladině významnosti 0,05 viz tabulka č. 7. Píce upravená čechráním vykazovala staticky významný rozdíl v obsahu sušiny.

Tab. č. 7 Tukeyův test pro vzorky odebrané čtvrtý den

Tukeyův HSD test; proměnná Obsah sušiny [g/kg]			
Homogenní skupiny, alfa = ,05000			
Chyba: meziskup. PČ = 53,710, SV = 4,0000			
Varianta	Obsah sušiny [g/kg] Průměr	1	2
Bez úpravy +1	667,5732	****	
S úpravou +1	686,7174		****

Graf č. 5 Hodnoty obsahu sušiny vzorků odebraných pátý den

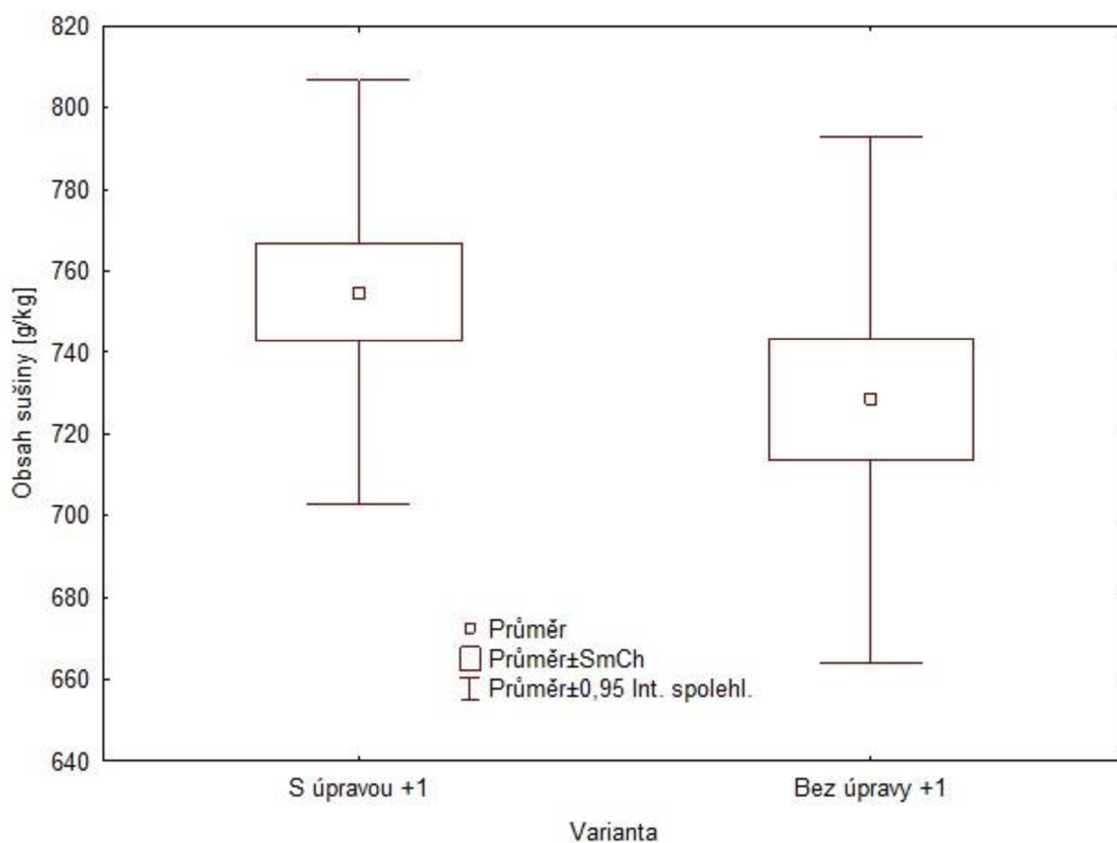


Na grafu č. 5 jsou zobrazeny hodnoty vzorků z úseků č. 1 a 3 odebrané pátý den. Rozhození proběhlo třetí den a obrácení pátý den. Tukeyův post-hoc test prokázal statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 0,05 viz tabulka č. 8. Píce bez úpravy vykazovala statisticky významný rozdíl v obsahu sušiny.

Tab. č. 8 Tukeyův test pro vzorky odebrané pátý den

Tukeyův HSD test; proměnná Obsah sušiny [g/kg]			
Homogenní skupiny, alfa = ,05000			
Chyba: meziskup. PČ = 132,01, SV = 4,0000			
Varianta	Obsah sušiny [g/kg] Průměr	1	2
S úpravou	734,0222	****	
Bez úpravy	803,1566		****

Graf č. 6 Hodnoty obsahu sušiny vzorků odebraných pátý den

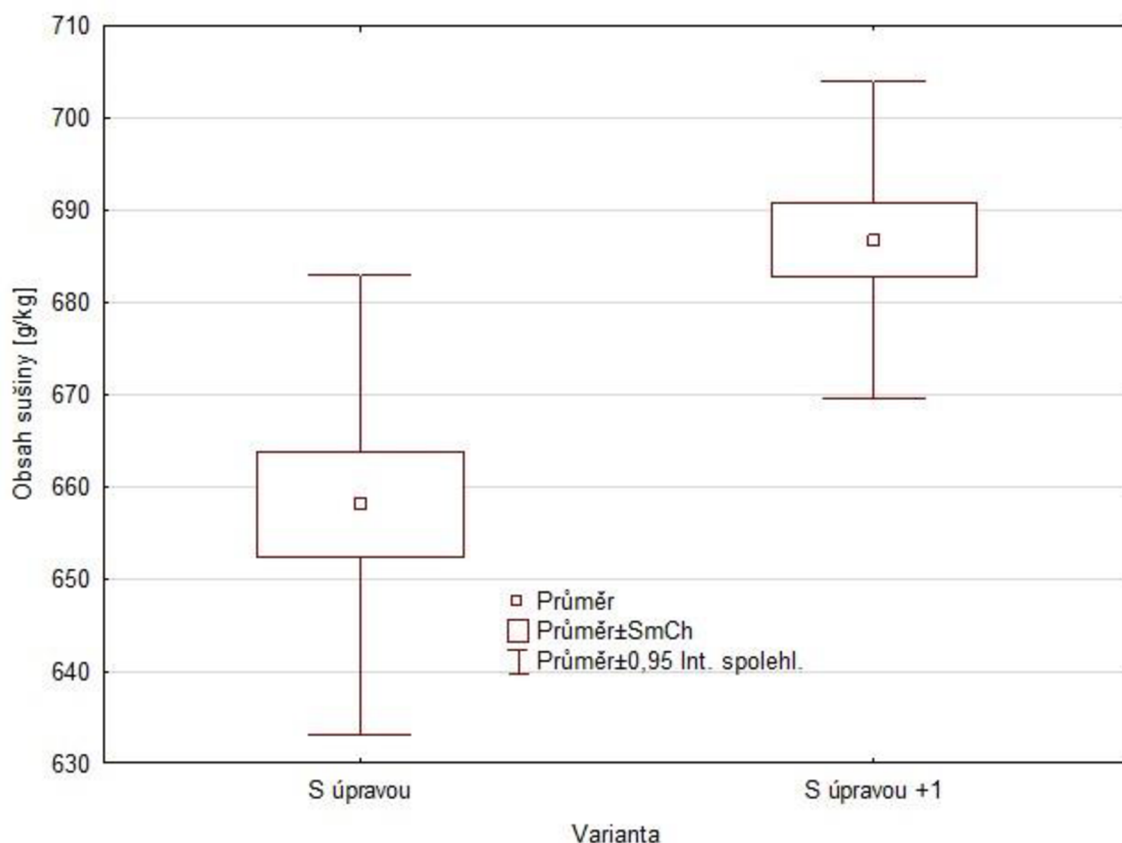


Hodnoty obsahu sušiny zobrazené na grafu č. 6 byly získány ze vzorků odebraných na úsecích č. 2 a 4. Na těchto úsecích proběhlo rozhození a dále dvakrát obrácení. I v tomto případě byl proveden Tukeyův post-hoc test, který neprokázal statisticky významný rozdíl viz tabulka č. 9. Avšak píce upravená čechráním vykazovala průměrně vyšší hodnoty obsahu sušiny.

Tab. č. 9 Tukeyův test pro vzorky odebrané pátý den

Tukeyův HSD test; proměnná Obsah sušiny [g/kg]		
Homogenní skupiny, alfa = ,05000		
Chyba: meziskup. PČ = 555,29, SV = 4,0000		
Varianta	Obsah sušiny [g/kg] Průměr	1
Bez úpravy +1	728,5477	****
S úpravou +1	754,8733	****

Graf č. 7 Porovnání vlivu obracení pro vzorky odebrané čtvrtý den

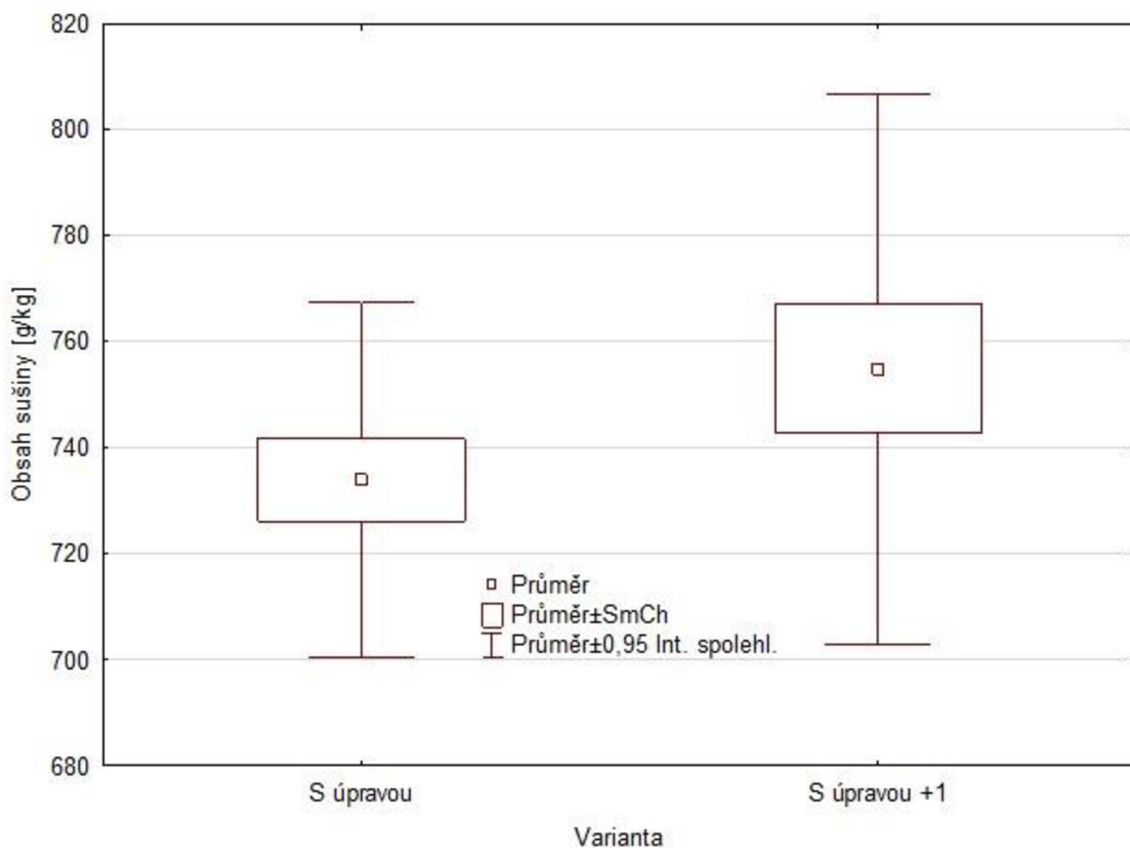


Dále bylo provedeno porovnání, jaký vliv měl počet obracení píce na obsah sušiny. Na grafu č. 7 jsou vyobrazeny hodnoty vzorků ze čtvrtého dne. Nalevo jsou vyhodnoceny vzorky z úseku č. 3 a vpravo z úseku č. 4. Tukeyův post-hoc test prokázal statisticky významný rozdíl viz tabulka č. 10. Píce, která byla třetí den rozhozena a čtvrtý obrácena vykazovala vyšší hodnoty obsahu sušiny.

Tab. č. 10 Tukeyův test pro vzorky odebrané čtvrtý den

Tukeyův HSD test; proměnná Obsah sušiny [g/kg]			
Homogenní skupiny, alfa = ,05000			
Chyba: meziskup. PČ = 74,264, SV = 4,000			
Varianta	Obsah sušiny [g/kg] Průměr	1	2
S úpravou	658,0343	****	
S úpravou +1	686,7174		****

Graf č. 8 Porovnání vlivu obracení pro vzorky odebrané pátý den

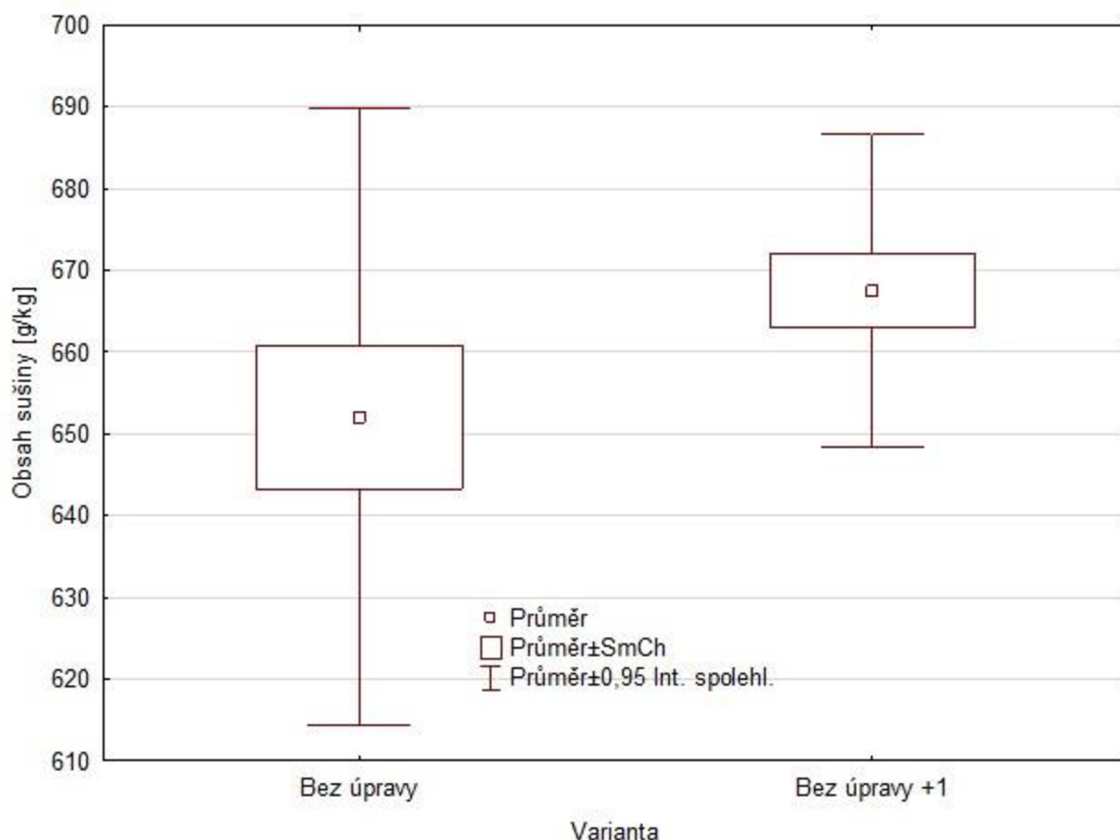


Na grafu č. 8 jsou uvedeny hodnoty vzorků odebraných pátý den z úseků č. 3 a 4. Píce z obou úseků byla rozhozena třetí den. Dále píce na úseku č. 3 byla jednou obrácena pátý den. Píce na úseku č. 4 byla dvakrát obrácena, a sice čtvrtý a pátý den. Tukeyův test neprokázal statisticky významný rozdíl viz tabulka č. 11. Avšak píce z úseku č. 4 vykazovala průměrně vyšší hodnoty obsahu sušiny.

Tab. č. 11 Tukeyův test pro vzorky odebrané pátý den

Tukeyův HSD test; proměnná Obsah sušiny [g/kg]		
Homogenní skupiny, alfa = ,05000		
Chyba: meziskup. PČ = 309,03, SV = 4,0000		
Varianta	Obsah sušiny [g/kg] Průměr	1
S úpravou	734,0222	****
S úpravou +1	754,8733	****

Graf č. 9 Porovnání vlivu obracení pro vzorky odebrané čtvrtý den

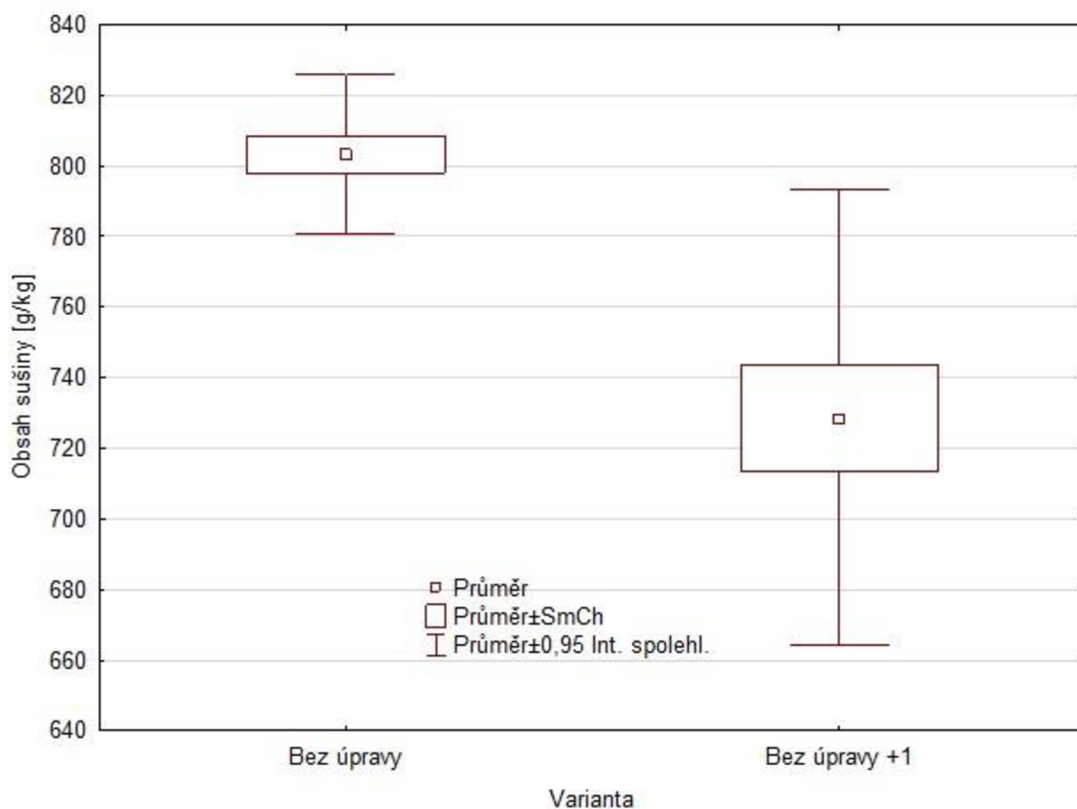


Rovněž bylo vyhodnoceno porovnání vlivu počtu obracení na obsahu sušiny u píče bez následné úpravy. Vzorky byly odebrány čtvrtý den. Píce na úseku č. 3 a 4 byla třetí den rozhozena. Dále píče na úseku č. 4 byla čtvrtý den obrácena. V levé části grafu č. 9 jsou zobrazeny hodnoty vzorků z úseku č. 1. a v pravé části hodnoty z úseku č. 2. Na základě provedeného Tukeyova post-hoc testu nebyl prokázán statisticky významný rozdíl v obsahu sušiny viz tabulka č. 12. Píce z úseku č.2 však vykazovala průměrně vyšší hodnoty.

Tab. č. 12 Tukeyův test pro vzorky odebrané čtvrtý den

Tukeyův HSD test; proměnná Obsah sušiny [g/kg]		
Homogenní skupiny, alfa = ,05000		
Chyba: meziskup. PČ = 144,75, SV = 4,0000		
Varianta	Obsah sušiny [g/kg] Průměr	1
Bez úpravy	652,0305	****
Bez úpravy +1	667,5732	****

Graf č. 10 Porovnání vlivu obracení pro vzorky odebrané pátý den



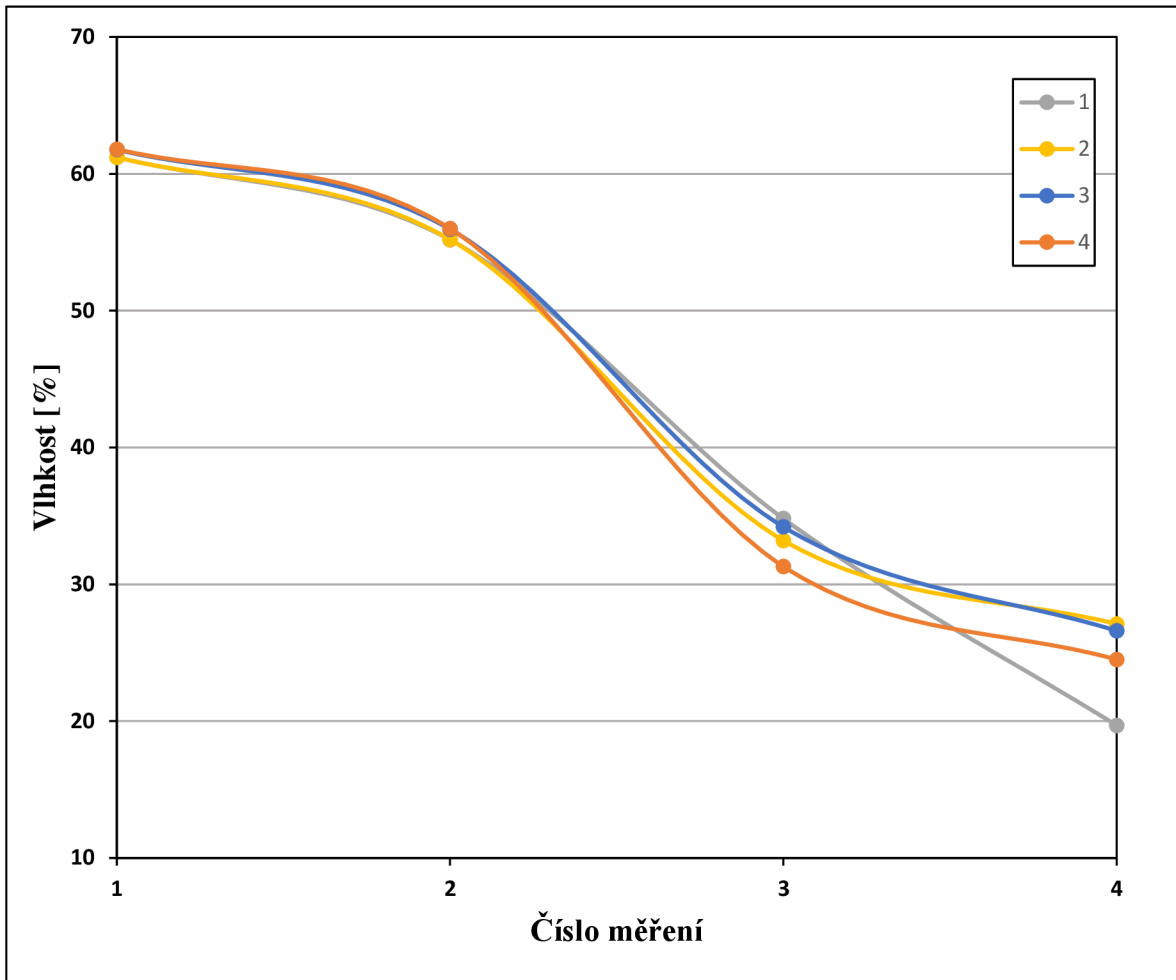
Na grafu č. 10 jsou uvedeny hodnoty vzorků odebraných pátý den z úseků č. 1 a 2. Vlevo jsou uvedeny hodnoty pro píci z úseku č. 1, která byla jednou rozhozena a jednou obrácena. Vpravo jsou znázorněny hodnoty z úseku č.2, na kterém proběhlo rozhození a dvojí obracení. Dále byl proveden Tukeyův post-hoc test, která prokázal statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 0,05 viz tabulka č. 13.

Tab. č. 13 Tukeyův test pro vzorky odebrané pátý den

Tukeyův HSD test; proměnná Obsah sušiny [g/kg]			
Homogenní skupiny, alfa = ,05000			
Chyba: meziskup. PČ = 378,27, SV = 4,0000			
Varianta	Obsah sušiny [g/kg] Průměr	1	2
Bez úpravy +1	728,5477	****	
Bez úpravy	803,1566		****

5.1 Křivka průběhu sušení

Graf č. 11 Průběh vysychání



Na grafu č. 11 je zobrazena křivka průběhu sušení mezi jednotlivými měřeními. Spojnice bodů neodpovídá přesně realitě, jelikož zejména v noci dochází ke zvýšení vlhkosti v píci vlivem rosy.

Vzorky byly standardně odebírány v odpoledních hodinách v den, kdy byla provedena některá z činností.

6 Shrnutí výsledků a diskuse

Pokus probíhal při sklizni druhých sečí koncem srpna roku 2022. Původní termín zkomplikovalo nejprve počasí a následně porucha žacího stroje. Termín, ve kterém se pokus uskutečnil, proběhl po vyřešení technických problémů a při výhledu dobrého počasí. Vzhledem k vydatným dešťům před pokusem probíhal během pokusu značný odpar vody. I vzhledem k pokročilému termínu nedosahovaly teploty příliš vysokých hodnot. Navzdory dobrému meteorologickému výhledu počasí spadlo několik milimetrů srážek druhý den v odpoledních hodinách a následně třetí den po odebrání vzorků ve večerních hodinách. Výše uvedené skutečnosti popisují podmínky, za kterých pokus probíhal a do jaké míry ho mohly ovlivnit.

Odebrané vzorky píce pro první dvě měření nevykazovaly statisticky významné rozdíly v obsahu sušiny. Vzhledem k několika dešťovým srážkám nebyl zaznamenán mezi prvními dvěma měřeními ani výrazný úbytek vlhkosti píce. Výraznější úbytek vlhkosti byl zaznamenán mezi měřeními č. 2 a 3. U vzorků odebraných pro měření č. 3 zaznamenán statisticky významný rozdíl v obsahu sušiny. Dále mezi měřeními č. 3 a 4 nebyl již patrný výrazný úbytek vlhkosti v pici. Nicméně poměrně překvapivý statisticky významný rozdíl byl zjištěn u měření č. 4, ve kterém nejvyšší hodnoty obsahu sušiny vykazovala píce z úseku č. 1, která byla posečena bubnovým žacím strojem bez čechrače, dále byla rozhozena a jednou obrácena.

Při porovnání vlivu počtu obracení na obsah sušiny byly zaznamenány dva statisticky významné rozdíly. První z nich byl zaznamenán u vzorků odebraných pro měření č. 3 pro píci z úseku č. 4. Druhý statisticky významný rozdíl byl zaznamenán u vzorků odebraných pro měření č. 4 z úseku č. 1.

Určováním průběhu úbytku vlhkosti při sušení píce se zabývala již řada výzkumů. Rotz et al. (1985) uvádí podmínky, které ovlivňují průběh sušení píce. Největší vliv na sušení má sluneční záření. Jako další faktory uvádí teplotu, tlak a vlhkost okolního vzduchu, vlhkost půdy a hustotu porostu píce. Což odpovídá získaným hodnotám vzhledem k podmínkám, za kterých pokus probíhal.

Přestože nebyly zaznamenány v průběhu celého pokusu výrazně vyšší hodnoty obsahu sušiny při použití žacího stroje vybaveného čechračem, byly několikrát vykazovány průměrně vyšší hodnoty obsahu sušiny, avšak pod hranicí významnosti. Kromě porovnávání žacích strojů s rotujícími noži ve spojení s čechrači, se Stanisavljević et al. (2021) zabývali také porovnáním žacích strojů s přímovratným pohybem nožů. V jejich případě dosáhli příznivých výsledků při použití samojízdného žacího mačkače. Shinners et al. (2017) uvádí porovnání různých variant

čechrání a obracení píce. Pokusy probíhaly při podobných teplotních podmínkách. Nicméně vzhledem k tomu, že během jejich polního pokusu nenastal déšť, byla vlhkost čechrané a obracené píce pod 15% hranicí již třetí den. Vzhledem k dešti a poměrně vysoké vlhkosti vzduchu, zjištěný průběh sušení píce odpovídal v jejich případě průběhu sušení čechrané píce bez následného obracení.

Porovnáním vlivu obracení na průběh vlhkosti píce během sušení se zabývali i Li et al. (2019), kteří kromě počtu obracení také hodnotili vliv denní doby, při které obracení proběhlo. Došli k podobným výsledkům, kdy v určitých fázích sušení obracená píce dosahovala vyšších hodnot obsahu sušiny. Navíc byla hodnocena varianta bez obracení, která vykazovala rozhodně nižší úbytek vlhkosti píce. Pattey et al. (1988) zkoumali vliv různých period obracení píce na průběh sušení. Dále zkoumali průběh a vliv za různých podmínek. Uvádí, že více obracení je více efektivní při vyšší vlhkosti píce, což částečně souvisí i se sestrojenou křivkou průběhu sušení, kdy k největšímu úbytku vlhkosti došlo po rozhození, resp. prvním obrácení píce.

Průběh sušení píce mimo jiné také zkoumal ve své diplomové práci Ondřej Rendl (2021), který se zabýval také vlivem různých druhů obracečů na průběh ztráty vlhkosti píce. Dále se zaměřil blíže na kontaminaci píce podle použití daného druhu obraceče.

7 Závěr

Kvalita krmiva předkládaného hospodářským zvířatům je vizitkou každého zemědělce. Zdraví a stav zvířat se následně odráží v adekvátní produkci živočišných produktů a snížených nákladech spojených s případnými veterinárními zákroky a léčbami zvířat. Výsledek sklizně píce je ovlivněn, podobně jako ostatní směry v zemědělství, kromě použité techniky také podmínkami, za kterých sklizeň probíhá.

Jednotlivým částem technologických linek pro sklizeň píce je věnována první část práce. Nejprve jsou popsány možnosti sklizně a konzervace píce. Dále je popsán princip práce jednotlivých strojů, možnosti konstrukčních řešení a jsou uvedeny některé novinky, které se postupně rozšiřují v této sféře.

V druhé části práce byl statisticky vyhodnocen polní pokus, který byl zaměřen na porovnání průběhu sušení píce upravené čechráním a píce neupravované. Dále proběhlo porovnání, jaký vliv má počet obracení píce na průběh sušení. Nejprve je uvedena metodika prováděného pokusu, ve které je popsáno místo pokusu a použitá technika. Rovněž je popsán postup prací a metoda pro zjišťování obsahu sušiny. Naměřené hodnoty jsou zpracované v krabicových grafech. Dále byly provedeny i Tukeyovy post-hoc testy, které v některých případech prokázaly statisticky významné rozdíly. Pro lepší přehlednost jsou průběžné hodnoty úbytku vlhkosti znázorněny křivkou průběhu sušení. Průměrně byly vykazovány vyšší hodnoty obsahu sušiny u píce, která byla upravena čechráním a bylo provedeno více obracení. Tento trend však byl v mnohých případech pod hranicí statistické významnosti. Podobné výsledky byly zaznamenány i při porovnání vlivu počtu obracení. Píce, která byla častěji obracena vykazovala průměrně vyšší hodnoty obsahu sušiny, avšak opět na hranici statistické významnosti.

V podmínkách, za kterých pokus proběhl, nebyla potvrzena původní hypotéza, tedy píce upravená čechráním nevykazovala významně vyšší hodnoty poklesu vlhkosti.

8 Seznam použitých zdrojů

BOLSEN, K. K.; ASHBELL, G.; WEINBERG, Z. G. Silage fermentation and silage additives- Review. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 1996, 9.5: 483-494.

BŘEČKA, Josef a František KUMHÁLA. ZTRÁTY PŘÍ RŮZNÝCH POSTUPECH SKLIZNĚ PÍCNIN. *Mechanizace zemědělství* [online]. 2001 [cit. 2023-02-03]. Dostupné z: <https://mechanizaceweb.cz/ztraty-pri-ruznych-postupech-sklizne-picnin/>

BŘEČKA, Josef. *Stroje pro sklizeň pícnin a obilnin*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2001. ISBN 80-213-0738-2.

CABA, I. L., et al. The lifting drums importance in construction of self loading wagons. In: *Proceedings of the Fourth International Conference, Research People and Actual Tasks on Multidisciplinary Sciences, Lozenec, Bulgaria, 12-16 June 2013. Volume 1, Agriculture and Veterinary Medicine Technical Sciences, Processing & Post Harvest Technology and Logistics, Power and Machinery*. Bulgarian National Multidisciplinary Scientific Network of the Professional Society for Research Work, 2013. p. 391-393.

CEMPÍRKOVÁ, Růžena a Bohuslav ČERMÁK. *Krmiva konvenční a ekologická: Feedstuffs conventional and ecological : vědecká monografie*. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2008. ISBN 978-80-7394-141-3

COLLINS, Michael, et al. Preservation of forage as hay and silage. *Forages*, 2017, 1: 321.

ČERVINKA, Jan. *Stroje pro sklizeň pícnin na seno*. 2. upr. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2002. ISBN 80-7105-054-7.

DIGMAN, Matthew Francis; SHINNERS, Kevin J.; BOETTCHER, Michael E. Crop mergers: Management of soil contamination and leaf loss in alfalfa. *Applied Engineering in Agriculture*, 2013, 29.2: 179-185.

HOLUBOVÁ, Věra a Miroslav LUŇÁČEK. *Stroje pro sklizeň a konzervaci pícnin*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1999. Mechanizace (modrá ř.). ISBN 80-7105-181-0

HORROCKS, Rodney Dwain; VALENTINE, John F. *Harvested forages*. Academic Press, 1999.

HRUŠKA, Jiří. Každý den čerstvé a kvalitní krmivo. *ProfiPress* [online]. 2019 [cit. 2023-02-14]. Dostupné z: <https://mechanizaceweb.cz/kazdy-den-cerstve-a-kvalitni-krmivo/>

JAVOREK, Filip. Lisování, efektivní způsob sklizně. *Zemědělec* [online]. 2009 [cit. 2023-2-20]. Dostupné z: <https://www.zemedelec.cz/lisovani-efektivni-zpusob-sklizne/>

JAVOREK, Filip. Možnosti lisování objemných materiálů. *Mechanizace zemědělství* [online]. 2017, **2017**(4). Dostupné z: <https://www.mechanizaceweb.cz/moznosti-lisovani-objemnych-materialu/>

KUMHÁLA, František. *Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1701-7.

LI, Yu Wei, et al. Effect of Tedding Time and Frequency on the Feed Value and Drying Rate of Rye (*Secale cereale* L.) Hay. *Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science*, 2019, 39.3: 171-177.

MAŠEK, Jiří a Novák PETR. Technologie sklizně a konzervace krmiv. *Zemědělec* [online]. 2011 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://zemedelec.cz/technologie-sklizne-a-konzervace-krmiv/>

MCRANDAL, D. M.; MCNULTY, P. B. Impact cutting behaviour of forage crops II. Field tests. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 1978, 23.3: 329-338.

NEU, Abby E., et al. Hay rake-type effect on ash and forage nutritive values of alfalfa hay. *Agronomy Journal*, 2017, 109.5: 2163-2171.

OROSZ, S., et al. Description of a New Bale Forming Technology: Fermentation of Alfalfa and Grass Silage Bales. *FORAGE CONSERVATION*, 2010.

Osevní plochy zemědělských plodin. *Český statistický úřad* [online]. 2022 [cit. 2023-01-15]. Dostupné z: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt-parametry&katalog=30840&z=T&sp=A&skupId=346&pvo=ZEM02A>

PASTOREK, Zdeněk. *Zemědělská technika dnes a zítra: rádce při výběru a efektivním využívání zemědělských strojů a technologií*. Praha: Martin Sedláček, 2002. ISBN 80-902413-4-4.

PATTEY, E.; SAVOIE, Philipe; DUBE, P. A. The effect of a hay tedder on the field drying rate. *Can. Agric. Eng*, 1988, 30.1: 43-50.

PITT, Ronald E. Silage and Hay Preservation NRAES 5. 1990.

RENDL, Ondřej. *Porovnání strojů pro obracení a shrnování píce z pohledu kvalitativních parametrů práce*. Praha, 2021. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze.

ROTZ, C. A.; SHINNERS, K. J.; BARNES, R. F. Hay harvest and storage. *Forages*, 2007, 2: 601-616.

ROTZ, C. Alan; CHEN, Yi. Alfalfa drying model for the field environment. *Transactions of the ASAE*, 1985, 28.5: 1686-1691.

SAVOIE, P. Intensive mechanical conditioning of forages: A review. *Canadian Biosystems Engineering*, 2001, 43: 2.1-2.12.

SHINNERS, Kevin J. Getting the most from the mower-conditioner. <http://www.uwex.edu/ces/forage/wfc/proceedings>. Acesso em, 2002, 30.5: 2008.

SHINNERS, Kevin J.; FRIEDE, Joshua C. Enhancing Switchgrass Drying Rate. *BioEnergy Research*, 2017, 10: 603-612.

SRIVASTAVA, A. K., GOERING, C. E., ROHRBACH, R. P., BUCKMASTER, D. R. 2006. *Engineering Principles of Agricultural Machines*. 2nd Edition. St. Joseph, Michigan, USA: ASABE, 2006, ISBN 1-892769-50-6

STANISAVLJEVIĆ, Rade, et al. Efficiency of alfalfa hay mowing machines under the dryland conditions. *Tehnički vjesnik*, 2021, 28.5: 1503-1510.

STANKIEWICZ, Anna. Optimal and robustly optimal consumption of stretch film used for wrapping cylindrical baled silage. *Agriculture*, 2019, 9.12: 248.

STOUT, B. A. and B. CHEZE, 1999. *Handbook of Agricultural Engineering, Vol. III – Plant Production Engineering*. Michigan: ASAE CIGR. ISBN 1-892769-02-6.

SUOKANNAS, Antti, et al. Functional performance of self-loading wagon compared to metered chopper for forage harvest. *Available online at: [https://www. researchgate. net/publication/269629483](https://www.researchgate.net/publication/269629483) (accessed January 02, 2020)*, 2009.

ŠANTRŮČEK, Jaromír. *Základy pícninářství*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2001. ISBN 80-213-0764-1.

ŠNOBL, Josef a Josef PULKRÁBEK. *Základy rostlinné produkce*. Vyd. 2., V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2005. ISBN 9788021313408.

TRIPATHI, H. P., et al. Forage conservation, storage and feeding. In: *Handbook for straw feeding systems in livestock production*. ICAR, 1995. p. 303-323.

UNDERSANDER, Dan. Hay Harvesting Equipment and Harvest Strategies for Quality. *UW Extension*, 2013.

UNDERSANDER, Dan. What's New in Forage Equipment?. 2011.

VERNER, Adam. Self-loading forage wagons gain traction. *Hay & Forage Grower* [online]. 2017, **2017** [cit. 2023-02-20]. Dostupné z: <https://hayandforage.com/article-1232-self-loading-forage-wagons-gain-traction.html>

WILD, Karl J.; WALTHER, Veit; SCHUELLER, John K. Optimizing fuel consumption and knife wear in a self-propelled forage chopper by improving the grinding strategy. In: *2009 Reno, Nevada, June 21-June 24, 2009*. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009. p. 1.

WILD, Karl; WALTHER, Veit. Reducing forage-chopper fuel costs. 2011.

ZHANG, Xuening, et al. Self-propelled forage harvester. In: *2020 ASABE Annual International Virtual Meeting*. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2020. p. 1.

ZHORTUYLOV, Omirserik, et al. Analysis of haylage round bale wrapper operating mechanism. *Life Science Journal*, 2013, 10.12: 349-352.

9 Seznam obrázků

Obr. č. 1 Principy sečení	7
Obr. č. 2 Výměna nožů	9
Obr. č. 3 Schéma mačkače a čechrače	10
Obr. č. 4 Paprskový obraceč a shrnovač	12
Obr. č. 5 Dopravníkový obraceč a shrnovač s řízenými hrabicemi	13
Obr. č. 6 Rotor obraceče s inovovanými hrabicemi	14
Obr. č. 7 Inovované prsty hrabice rotorového obraceče	14
Obr. č. 8 Shrnovač s průběžným dopravníkem	15
Obr. č. 9 Stranový shrnovač se třemi rotory	17
Obr. č. 10 Hydraulická vazba pro navádění zadního rotoru	17
Obr. č. 11 Výložník hranolovitých balíků	20
Obr. č. 12 Lis na válcovité balíky s variabilní komorou	22
Obr. č. 13 Lis na válcovité balíky s konstantní komorou	23
Obr. č. 14 Schéma stacionárního kombinovaného lisu	24
Obr. č. 15 Základní typy provedení ovíječek	25
Obr. č. 16 Vytyčený pozemek	30
Obr. č. 17 Claas Arion v agregaci s ŽTR 215	32
Obr. č. 18 Valtra T235 v agregaci s žací kombinací Kuhn	33
Obr. č. 19 Jcb Fastrac v agregaci s obracečem Lely	34
Obr. č. 20 Sušárna pro dosoušení vzorků	35

10 Seznam tabulek

Tab. č. 1 Popis jednotlivých úseků	30
Tab. č. 2 Základní výkonové parametry traktorů.....	31
Tab. č. 3 Základní technické parametry pracovních strojů.....	31
Tab. č. 4 Tukeyův test pro vzorky odebrané první den	36
Tab. č. 5 Tukeyův test pro vzorky odebrané třetí den	37
Tab. č. 6 Tukeyův test pro vzorky odebrané čtvrtý den	38
Tab. č. 7 Tukeyův test pro vzorky odebrané čtvrtý den	39
Tab. č. 8 Tukeyův test pro vzorky odebrané pátý den.....	40
Tab. č. 9 Tukeyův test pro vzorky odebrané pátý den.....	41
Tab. č. 10 Tukeyův test pro vzorky odebrané čtvrtý den	42
Tab. č. 11 Tukeyův test pro vzorky odebrané pátý den.....	43
Tab. č. 12 Tukeyův test pro vzorky odebrané čtvrtý den	44
Tab. č. 13 Tukeyův test pro vzorky odebrané pátý den.....	45

11 Seznam grafů

Graf č. 1 Hodnoty obsahu sušiny vzorků odebraných první den.....	36
Graf č. 2 Hodnoty obsahu sušiny vzorků odebraných třetí den.....	37
Graf č. 3 Hodnoty obsahu sušiny vzorků odebraných čtvrtý den.....	38
Graf č. 4 Hodnoty obsahu sušiny vzorků odebraných čtvrtý den.....	39
Graf č. 5 Hodnoty obsahu sušiny vzorků odebraných pátý den	40
Graf č. 6 Hodnoty obsahu sušiny vzorků odebraných pátý den	41
Graf č. 7 Porovnání vlivu obracení pro vzorky odebrané čtvrtý den.....	42
Graf č. 8 Porovnání vlivu obracení pro vzorky odebrané pátý den	43
Graf č. 9 Porovnání vlivu obracení pro vzorky odebrané čtvrtý den.....	44
Graf č. 10 Porovnání vlivu obracení pro vzorky odebrané pátý den	45
Graf č. 11 Průběh vysychání.....	46