



Stubbhöjdens betydelse för det mekaniska spillet vid vallskörd

The significance of the stubble height for the mechanical losses at forage harvesting



Fredrik Olsson, Jonas Gustafsson

Självständigt arbete • (15 hp)

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakultet för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för biosystem och teknologi

Lantmästare - kandidatprogram

Alnarp 2023

Stubbhöjdens betydelse för det mekaniska spillet vid vallskörd

The significance of the stubble height for the mechanical spillage during forage harvesting

Fredrik Olsson, Jonas Gustafsson

Handledare: Torsten Hörndahl, Sveriges lantbruksuniversitet, Biosystem och teknologi

Examinator: Sven – Erik Svensson, Sveriges lantbruksuniversitet, Biosystem och teknologi

Omfattning: 15 Hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i Lantbruksvetenskap

Kurskod: EX0885

Program/utbildning: Lantmästare - kandidatprogram

Kursansvarig inst.: Institutionen för biosystem och teknologi

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2023

Omslagsbild: Jonas Gustafsson

Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Nyckelord: Slåttervall, skördehöjd, klipphöjd, fältförluster, avkastning, foder, foderproduktion, foderkvalité.

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap.

Institutionen för biosystem och teknologi.

Sammanfattning

Vall odlas vanligtvis antingen i renbestånd eller i blandbestånd med fleråriga baljväxter och gräsarter vilka nyttjas till slätter eller bete. Vid skörd av vall till foder för nötkreatur är den näringsmässiga sammansättningen av stor vikt. Ett högre näringsvärde kan uppnås genom en tidigarelagd skörd, ett ökat antal skördetillfällen samt en väl anpassad gödslingsstrategi. Under senare år har försök genomförts för att undersöka om en anpassning av stubbhöjden och fraktionering av grödan kan vara ett alternativ för att uppnå önskad näringsammansättning vid skörd med lovande resultat. Det är dessa undersökningar (Eriksson 2020) som har gett oss frågeställningen om en anpassning i stubbhöjd har någon påverkan på mängden mekaniska förluster. De mekaniska förluster som uppstår beror på grödans behandling med olika typer av maskiner vid slätter, vändning, strängläggning och lastning. Syftet med studien var att studera stubbhöjdens påverkan på det mekaniska spillet vid skörd av vall samt att undersöka möjligheterna för att variera stubbhöjden på de maskiner som finns på marknaden. I litteraturstudien presenteras en genomgång om vallodling och dess förluster, stubbhöjdens betydelse, skördeteknik vid vallskörd samt vilka inställningsmöjligheter det finns på vallmaskiner. Ett fältförsök har genomförts för att studera skillnaderna i totalskörd och mängden mekaniskt spill vid fyra olika stubbhöjder. Fältförsöket genomfördes den 31 maj till den 1 juni 2022 i Hulterstad på Öland på en äldre vall (år 5). Försöket var ett helt randomiserat blockförsök med fyra block och fyra led i varje block, de stubbhöjder som mättes var 7, 12, 17 samt 22 cm.

Slutsatsen av denna studie är:

- Vid högre stubbhöjd minskade totalskörden från 5 700 kg torrsbstans per hektar vid 7 cm stubbhöjd till 3 400 kg torrsbstans per hektar vid 22 cm stubbhöjd.
- Mekaniskt spill vid låg stubbhöjd (7 cm) visade sig vara högst med 107 kg ts per hektar. För stubbhöjderna 12, 17 och 22 cm var spillet mellan 60 och 70 kg ts per hektar. Enligt Tukey's metod är det en statistisk säkerställd skillnad mellan 7 cm och övriga stubbhöjder.
- Burna slättermaskiner kan hantera stubbhöjder från 5 till 12 cm. Vid högre stubbhöjder krävs det att maskinen utrustas med justerbara släpskor. Med bogserade slättermaskiner kan en högre stubbhöjd uppnås med hjälp av lyftkolvarna.

Nyckelord: Slättervall, skördehöjd, klipphöjd, fältförluster, avkastning, foder, foderproduktion, foderkvalité.

Abstract

Grassland for fodder production is usually grown either with one species or in a mixture with perennial legumes and grass species, the crop is used for mowing or grazing. When harvesting forage for cattle the nutritional content of energy and protein is important. A higher nutritional value can be achieved through an earlier harvest, an increased number of harvest occasions and a well-adapted fertilization strategy. In recent years, trials have been carried out to investigate whether an adaptation of the stubble height and fractionation of the crop can be an alternative to achieve the desired nutrient composition at harvest with promising results. It is these studies (Eriksson 2020) that have given us the question of whether an adaptation in stubble height has any effect on the amount of mechanical losses. The mechanical losses that occur are due to the treatment of the crop with different types of machines during mowing, tedding, swathing and loading. The purpose of the study was to study the impact of the stubble height on the mechanical losses when harvesting ley and to investigate the possibilities for varying the stubble height on the machines available on the market. The literature study is an overview about ley cultivation and its losses, the importance of stubble height, harvesting techniques for ley harvesting and the adjusting possibilities available on machines for ley production. A field trial has been carried out to study the differences in total yield and the amount of mechanical spillage at four different stubble heights. The field trial was implemented from 31 May to 1 June 2022 in Hulterstad at Öland on an older leyland (year 5). The experiment was a randomized complete block, split-plot design experiment with four blocks and four plots in each block, the stubble heights that were measured were 7, 12, 17 and 22 cm.

The conclusion of this study is:

- At a higher stubble height the total yield decreased from 5 700 kg drymatter per hectare at 7 cm stubble height to 3 400 kg drymatter per hectare at 22 cm stubble height.
- Mechanical losses at low stubble height (7 cm) was found to be the highest with 107 kg drymatter per hectare. For the stubble heights of 12, 17 and 22 cm, the loss was between 60 and 70 kg drymatter per hectare. There is a statistically significant difference between 7 cm and the other stubble heights, according to Tukey's method.
- Mounted mowers can handle stubble heights from 5 to 12 cm. For higher stubble heights, the machine must be equipped with adjustable skidshoes. With trailed mowers a higher stubble height can be achieved using the lifting pistons.

Keywords: ley, harvest height, mowing height, field losses, yield, fodder, forage, forage quality.

Förord

Lantmästare-kandidatprogrammet är en treårig universitetsutbildning vilken omfattar 180 högskolepoäng (hp). Inom programmet är det möjligt att ta ut två examinationer, en lantmästarexamen 120 hp och en kandidatexamen 180 hp. En av de obligatoriska delarna är att genomföra ett eget arbete som ska presenteras med en skriftlig rapport och ett seminarium. Detta arbete kan t.ex. ha formen av ett mindre försök som utvärderas eller en sammanställning av litteratur vilken analyseras. Detta arbete är utfört under programmets tredje år och arbetsinsatsen motsvarar minst 10 veckors heltidsstudier (15 hp).

Idén till studien kom från universitetslektor Torsten Eriksson vid institutionen för husdjurens utfodring och vård på Sveriges lantbruksuniversitet i Ultuna som i tidigare studier har studerat hur näringsvärdet kan regleras med en anpassning i stubbhöjd. Vi är intresserade av vallodling och är därför motiverade till att undersöka ifall det är möjligt att justera stubbhöjden i vallodling utan att riskera en förhöjd spillmängd.

Tack till SLU Partnerskap Alnarp som finansierat studien via PA-projekt 1423 ”Är det möjligt att skörda med hög stubbhöjd i vall och hur påverkas spillet”. Ett varmt tack riktas till Bo Olssons lantbruk AB på Öland som med stort stöd och engagemang har varit försöksvärd och ställt upp med maskiner under genomförandet av vårt försök. Vi vill även tacka vår handledare Torsten Hörndahl som har bidragit med goda råd och tips under arbetets genomförande och som har varit snabb med respons på våra frågor. Torsten har även gett oss mycket positiv feedback. Han har gett oss mycket eget ansvar och har därav gett oss möjligheten att reflektera över studiens genomförande. Vi tackar Patrick Keyser från University of Tennessee och Cecilia Rathje, marknadsspecialist hos Pöttinger Landtechnik GmbH för tillstånd att använda fotografier och illustrationer. Vi riktar till sist ett stort tack till vår kursledare Kristina Ascárd som alltid ställt upp och svarat på våra frågor och hjälpt oss genom skrivprocessen. Vår examinator har varit Sven-Erik Svensson.

Alnarp maj 2023

Fredrik Olsson, Jonas Gustafsson

Innehållsförteckning

1. Inledning	7
1.1. Bakgrund	7
1.2. Syfte.....	7
1.3. Mål.....	8
1.4. Hypotes.....	8
1.5. Avgränsning.....	8
2. Litteraturstudie	9
2.1. Vall.....	9
2.2. Stubbhöjdens betydelse	12
2.3. Skördeteknik.....	13
2.4. Inställningsmöjligheter på slåttermaskiner	18
2.5. Inställningsmöjligheter för att minska spill vid bärgning	20
2.6. Förluster.....	21
2.6.1. Fältförluster	21
2.6.2. Lagringsförluster	22
3. Material och metod	24
3.1. Fältförsökets upplägg	24
3.2. Statistisk analys.....	25
4. Resultat	26
4.1. Skördenivå.....	26
4.2. Torrsubstanshalt vid pressning	27
4.3. Mängd mekaniskt spill per hektar	28
4.4. Mängd mekaniskt spill i förhållande till skörd	29
4.5. Sammanställning av resultat	30
5. Diskussion	31
6. Slutsats	35
Referenser	36

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Slåttervall var den gröda som enligt Jordbruksverket och SCB (2020) upptog största delen av Sveriges åkerareal 2019 med totalt 862 370 hektar. Den har en stor betydelse i växtföljden då den både har en ogräshämmande effekt men har även en god förmåga att åtgärda packningsskador med kväverika djupgående rötter (Ståhl 2014). Dessutom står slåttervallarna för betydande del för grovfoderproduktionen till mjölk- och nötköttproduktionen i Sverige (Fogelfors 2015).

Vid skörd av vall till nötkreatur är den näringsmässiga sammansättningen av stor vikt. Ett högre näringsvärde kan uppnås genom en tidigarelagd skörd, ett ökat antal skördetillfällen samt en väl anpassad gödslingsstrategi (Tuveßon 1988). Under senare år har försök genomförts för att undersöka om en anpassning av stubbhöjden och fraktionering av grödan kan vara ett alternativ för att uppnå önskad näringsammansättning vid skörd, försöken har haft lovande resultat (Eriksson et al. 2023; Eriksson et al. 2020). Dessa undersökningar gav oss frågeställningen om en anpassning i stubbhöjd har någon påverkan på mängden mekaniskt spill.

1.2. Syfte

Syftet med denna studie är att:

- Studera hur stubbhöjden påverkar det mekaniska spillet vid skörd av vall.
- Uppmärksamma vilka möjligheter det finns för att variera stubbhöjden på några av de slåttermaskiner som finns på marknaden.

1.3. Mål

Målet med denna studie är att:

- Studera skillnaderna i totalskörd vid olika stubbhöjder.
- Jämföra mängden mekaniskt spill vid olika stubbhöjder.
- Undersöka vilka anpassningsmöjligheter slåttermaskiner på marknaden har avseende stubbhöjd.

1.4. Hypotes

Vår hypotes är att en högre stubbhöjd kommer att orsaka ett större mekaniskt spill på grund av svårigheter att samla upp grönmassan.

1.5. Avgränsning

Fältförsöket är avgränsat till att enbart mäta det mekaniska spillet och skördenivå vid olika stubbhöjder i ett enskilt försök. Litteraturstudien är avgränsad till att enbart innefatta vallodling och det spill som uppstår vid skörd med slåttermaskin och rundbalspress samt undersöka vilka tekniska möjligheter som finns för att ändra stubbhöjden på vanliga slåttermaskiner.

2. Litteraturstudie

2.1. Vall

Vall odlas vanligtvis antingen i renbestånd eller i blandbestånd med fleråriga baljväxter och gräsarter, grödan nyttjas till slätter eller bete. Om vall odlas i växtföljden så bidrar den med ökad kolinlagring och ökad avkastning i efterföljande grödor i jämförelse med om endast spannmål odlas (Andersson & Wivstad 1992; Bolinder et al. 2010; Tidåker et al. 2014 se Tidåker et al. 2016). En väl balanserad växtföljd där vall ingår har en positiv inverkan på klimatet, detta på grund av den ökade avkastningen i efterföljande grödor och att kol binds från atmosfären (Tidåker et al. 2016). Vallodling bidrar till att uppnå FN:s klimatmål 2.4 om att införa motståndskraftiga odlingsmetoder som ökar produktivitet och produktion samt förbättrar jordkvalitén (Svenska FN-förbundet 2023).

En vall i blandbestånd består ofta av både vallbaljväxter och vallgräs. Baljväxter tillhör familjen ärtväxter och namnet kommer från att den vanligaste frukttypen är en balja (Weidow 1998). Vallbaljväxterna minskar odlingens behov av kväve vilket har en positiv påverkan på odlingens klimatpåverkan (Tidåker et al. 2016). De vanligaste vallbaljväxterna som odlas är klöver (*Trifolium*) och lusern (*Medicago sativa*) (Weidow 1998). Rödklöver (*Trifolium pratense*) tenderar till att successivt dö ut i äldre vallar, lusern (*Medicago sativa*) har en långsam etablering och presterar bäst vid vallens andra och tredje år (ibid.).

Baljväxterna har flera goda egenskaper där förmågan att med hjälp av baljväxtbakterier fixera luftkväve är av stor vikt (Weidow 1998). Vallbaljväxterna har även kraftiga rotsystem vilket ger jorden en god struktur (ibid.). Vallbaljväxter (figur 1) har en rak, upprätt, grenig stjälk som kan bli upp till en halv meter hög (NatureGate 2021). De tre-fingrade proteinrika bladen som sitter längst ut på stjälkarna innehåller en stor del vatten men är mycket tunna och har en förmåga att torka snabbare än övriga stjälken, därav föreligger en ökad risk att bladen faller av eller pulveriseras vid skördehanteringen då materialet är förtorkat (Clason et al. 1978; Weidow 1998).



Figur 1. Rödklöver (*Trifolium pratense*). (Karen Arnold u.å.). (CC0 1.0)

Vallgräs (figur 2) är de gräsarter som används vid vallproduktion och de är vanligtvis fleråriga (Weidow 1998). Timotej (*Phleum pratense*) och ängssvingel (*Festuca pratensis*) är de vanligaste arterna. Vallgräs är mer tuvbildande än baljvallväxterna och har ett styvt strå. Gräsbladen sitter fast runt om strået samt torkar jämnare än vallbaljväxter (ibid.). Detta medför att risken för att torra blad ska pulveriseras eller falla av vid behandling är lägre hos vallgräsen än hos vallbaljväxterna (Clason et al. 1978). Generellt är vallgräsen högre än baljväxterna (Wirsén 2014). Större delen av näringen sitter i bladen och strået har en högre fiberhalt likt som i stjälken hos baljväxterna (ibid.).



Figur 2. Rajgräs (*Lolium*). (Biodiversity Heritage Library 2016). (Public Domain Mark 1.0). (Modifierad av Fredrik Olsson)

Art- och sortval i vallfröblandningen beror på vilket ändamål som odlingen har (Weidow 1998). En blandning som är lämplig för ett visst djurslag kan vara mindre lämplig för ett annat. Sortvalet är även beroende av var i landet som odlingen sker (ibid.). Faktorer som klimat, jordart, omloppstid, gödslingsstrategi samt antalet skördetillfällen per år är de faktorer som avgör blandningens innehåll (Fogelfors 2015). Genom att odla en slåttervall med flera arter uppnås en högre avkastning än om grödan hade odlats i renbestånd (Weidow 1998). Detta beror på att de olika arterna kompletterar varandra då de reagerar olika på årsmån och markförhållanden. Baljväxterna i blandningen bidrar även till att grödan får ett lägre kvävegödslingsbehov (ibid.).

Den åtgärd som har störst påverkan på vallfodrets näringsinnehåll är skördetidpunkten (Fogelfors 2015). Detta gäller framförallt vid den första skörden på året. Detta för att en övervägande del av skotten går in i en generativ fas under vartillväxten. Skördetidpunkten kan också bero på vad som eftersträvas i odlingen. En senare skörd ger en högre mängd kg ts än tidig skörd, men med ett lägre näringsvärde. Vallväxternas utveckling får dock inte gå för långt om en hög andel grovfoder eftersträvas i foderstaten. Detta för att fiberhalten ökar succesivt och smältbarheten minskar under utvecklingen av grödan. Smältbarhet och fiberhalt är begränsande faktorer för hur mycket vallfoder foderstaten för mjölkkor kan innehålla (ibid.).

2.2. Stubbhöjdens betydelse

Stubbhöjden har en påverkan på näringsinnehållet. Det har i tidigare försök visats att smältbarheten ökar högre upp i beståndet (Wilkinson et al. 1970; Delagarde et al. 2000; Eriksson et al. 2020). Effekten på råproteinhalten är dock mest påtaglig i rena klöver- och lusernvallar samt i blandvall (Fagerberg 1979). I en ren gräsvall ger en höjning av stubbhöjden ingen ökning i råproteinhalt (ibid.).

Vid ett enskilt skördetillfälle har stubbhöjden ett stort inflytande på avkastningen. Ju kraftigare beståndet är desto större inflytande har stubbhöjden (Fagerberg 1979). Försök har visat att vid få skördar ger en kort stubb (ca 4 cm) största möjliga totalskörd men vid ett tätare skördeintervall kan en högre stubb (ca 12 cm) ge en högre totalskörd (Hellström 1951; Lustig 1965; Svensson 1973 se Fagerberg 1979). Enligt Johansson (2013) är en stubbhöjd på minst 10 cm önskvärd för att minimera risken att få in oönskat material vid bärgning som kan ge en försämrad hygienisk kvalitet.

En för låg stubbhöjd kan reducera plantans växtkraft då mycket bladmassa samt tillväxtpunkten försvinner (Walton & Keyser u.å.). I början på återväxten tvingas plantan att enbart nyttja upplagsnäringen i rötterna för återväxten fram tills tillräcklig bladmassa växt upp för att fotosyntering ska börja (ibid.). Täta skördar i kombination med låg stubbhöjd stressar plantan och resulterar i sämre skördar och svagare rötter (Fagerberg 1979). Vid påfrestningar som t.ex. vattenbrist ger en kort stubbhöjd bevisat lägre skördar än en hög stubbhöjd (Jäntti & Heinonen 1959 se Fagerberg 1979). Försök har visat att återväxtförmågan hos gräsvallar har en koppling till stubbhöjden och störst inflytande har stubbhöjden om det råder vattenbrist (Jäntti & Heinonen 1956 se Svensson 1973).

Vid årets sista skörd av klöver- och gräsvallar blir det allmänt en lägre avkastning i förstaskörden efterkommande år om stubbhöjden är låg (Svensson 1973). Ju senare den sista skörden tages ju större blir avkastningsminskningen i efterkommande års förstaskörd (ibid.). Om den sista skörden sker sent på växtsäsongen kan negativa effekter på övervintringen mildras om en hög stubbhöjd tages (Karlsson 2014). Detta för att mer blad finns kvar som kan fotosyntetisera och bygga upp vallens kolhydratförråd (ibid.). I vallar som domineras av gräs och klöver anser Svensson (1973) att en hög stubbhöjd vid årets sista skörd borde betala sig då förstaskörden blir högre nästkommande år.

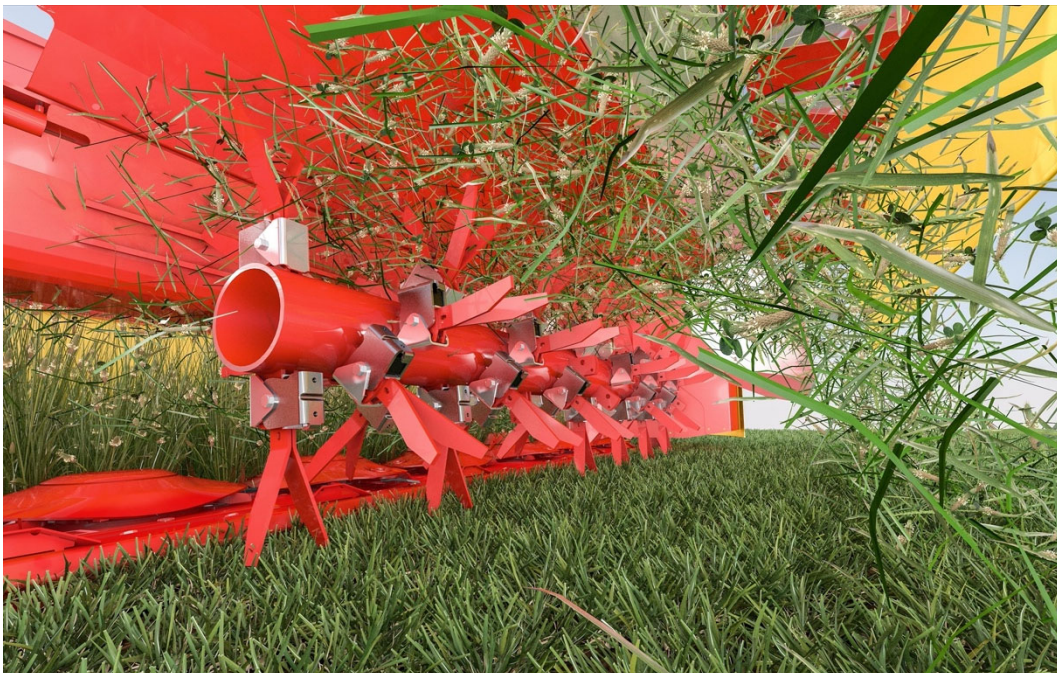
2.3. Skördeteknik

Vallen skördas vanligtvis genom att den slås av med en rotorslätter som antingen kan vara bogserad i en dragarm efter traktorn eller buren i traktorns trepunktslyft både bak och fram (Neuman & Sörqvist 2020). Rotorslättern består av en slätterbalk (figur 3) som går nära markytan. Inuti balken sitter det kuggdrev som driver de roterande tallrikarna med knivar som sitter ovanpå balken. Beroende på maskinens arbetsbredd sitter det olika antal tallrikar. Varje tallrik är vanligtvis försedd med två knivar, men även maskiner med tre knivar per tallrik förekommer (ibid.).



Figur 3. Slåtterbalk. (Pöttinger Landtechnik GmbH u.å.c)

För att få en snabbare förtorkning av den slagna grödan på fältet används en slåtterkross (Neuman & Sörqvist 2020). Det är en maskin som utöver slagning bearbetar grödans strån och stjälkar efter att de har slagits av. På dagens slåtterkrossar är det vanligast att den avslagna grödan passerar en bearbetningsrotor, även kallad crimper. En crimper (figur 4) är en roterande horisontell axel med antingen plastfingrar eller metallslagor som repar grödans vaxskikt för att på så sätt påskynda avdunstningen. Dessutom ger behandlingen en luftig sträng vilket underlättar förtorkningen (ibid.).



Figur 4. Slåtterkross med crimper. (Pöttinger Landtechnik GmbH 2022)

Ett annat alternativ är att slåtterkrossen har två räfflade valsar (figur 5) (Neuman & Sörqvist 2020). När den avslagna grödan passerar mellan dessa knäcks och bryts stjälkarna. Detta bidrar till att avdunstningen av vatten påskyndas. En slåtterkross med valsar ger den avslagna grödan en skonsammare behandling än en maskin med crimper. Därför används slåtterkross med valsar vanligen i vallar med stor andel klöver eller lusern. Detta för att det finns en tendens till att fältförlusterna blir större vid slåtter med crimper (ibid.). Oavsett behandlingsmetod sker den snabbaste delen av avdunstningen upp till 35 % ts för att sedan avta i torkningshastighet (Jepsson 1981).



Figur 5. Slåtterkross med valskross. (Pöttinger Landtechnik GmbH u.å.d)

Genom att bredsprida materialet vid skörd blir det en snabbare och jämnare förtorkning (Hessle & Jaimsson 2020). Genom att vända och sprida ut det slagna materialet ytterligare uppnås snabbare och jämnare förtorkning (Neuman & Sörqvist 2020). Bredspridning kräver dock ytterligare maskiner för att stränga ihop materialet innan uppsamling, vilket ger en ökad risk för mer mekaniska fältförluster samt en ökad risk för jordinblandning (ibid.). Studier utförda av Bengtsson (1983) i början av 80-talet för att mäta spill med dåtidens strängläggare visade att rotorsträngläggare var den bästa strängläggaren vid höbärgning och gav ett spill på enbart 2 % av bärgad skörd. Spillet berodde till största del på dålig renräfsning av strängläggaren.

Vid bärgning med dagens maskiner är det en fördel om grönmassan från en större yta samlas i en sträng (Neuman & Sörqvist 2020). Detta för att öka kapaciteten och spara tid vid uppsamling (Neuman & Sörqvist 2020 ; Francis Digma et al. 2013). En bränslebesparing kan även uppnås vid en högre kapacitet vid bärgningen, detta för att generellt går 25 % av skördemaskinens energi åt för annat än själva skördandet t.ex. framåt drift (Srivastava et al. 2006).

En teknik för att uppnå detta vid slåtter är att slåttermaskinen är utrustad med en strängssamlare (Neuman & Sörqvist 2020). Idag finns det två tekniker för detta, bandtransportör och skruvtransportör. Bandtransportören består av ett band som drivs med hjälp av en hydraulmotor. Hydraulmotorn medför att det är lätt att anpassa bandets hastighet och därav reglera hur långt strängen kastas in i den intilliggande strängen. Skruvtransportörer kan antingen vara monterade bakom en crimper eller sitta direkt bakom slåtterbalken. En huv omger skruven, om huven är nedfälld så samlas grönmassan och förs i sidled för att lägga sträng. Om huven är uppfälld passerar grönmassan över skruven och läggs bakom maskinen (ibid.).

Är grönmassan däremot bredspridd är det nödvändigt att stränglägga grönmassan inför uppsamling (Neuman & Sörqvist 2020). Viktiga krav på strängläggaren är att den ska behandla grönmassan skonsamt, lägga en jämn sträng samt att jord ej ska följa med in i strängen. De vanligaste strängläggarna är rotorsträngläggare, cylindersträngläggare och pickupsträngläggare (ibid.).

När en rotorsträngläggare är i arbetsläge så räfsas grönmassan åt sidan i en bågformad rörelse med hjälp av de fjädrade räfspinnarna (Neuman & Sörqvist 2020). Inställningar behöver göras för att det ej ska uppstå spill eller jordinblandning vid räfsningen och bäst funktion erhålles om stubbhöjden är åtminstone 10 cm (ibid.).

Cylindersträngläggaren är en gammal konstruktion som på senare år har återupplivats (Neuman & Sörqvist 2020). Stängerna med räfspinnar bildar i sin rörelse en slags cylinder där de roterande skivorna utgör cylinderns gavlar. Cylinderräfsans främsta argument är att materialet hålls upplyft istället för att dras längs marken vilket minskar risken för jordinblandning. Maskinens stödhjul bestämmer vilket avstånd räfspinnarna har mot marken (ibid.). En nackdel med cylinderräfsan är att den ej fungerar väl vid kraftig blåst.

Pickupsträngläggaren består av en pickup och en bandtransportör (Neuman & Sörqvist 2020). Pickupsträngläggarens stora fördel är att risken för jordinblandning är mindre än alla andra alternativ. De större modellerna är flerdelade och kan antingen föra materialet mot mitten eller lägga det åt sidan. Tester har visat att maskinen har ett mycket lågt spill men att strängarna tenderar att bli ojämna vilket är en nackdel vid uppsamlingen (ibid.).

Spilletts storlek vid höbärgning påverkas av strängens form (Bengtsson 1983). Med en lägre hastighet vid strängläggning uppnås strängar som är jämna och raka. Jämna och raka strängar kan lyftas upp väl i ensammanhållen båge vilket ger ett bättre resultat med mindre spill. Det är även viktigt att strängens bredd anpassas till den pickupp som ska samla upp materialet. Detta för att undvika att materialet glider utanför pickuppen (ibid.). Enligt Zetterberg (2019) så har även framförningshastigheten på pickuppen samt maskinförarens kompetens en påverkan på mängden spill vid uppsamling av förtorkat gräs med fälthack. Vid Zetterbergs undersökning uppmättes ett spill i dragen på ca 2 % med en ts-halt från 28 till 44 % vid uppsamling.

Bärgning av grönmassan sker med hjälp av olika typer av pressar, snittvagnar eller bogserade alternativt självgående fälthackar (Neuman & Sörqvist 2020). Alla dessa har en pickupp (figur 6) som plockar upp strängen, materialet kan därefter hackas till önskad längd för att underlätta hanteringen. För rundbalar rekommenderas en ts-halt från 40 till 60 %. För hackat material i plansilo rekommenderas en ts-halt från 30 till 35 % (ibid.).



Figur 6. Pickupp på en rundballpress. (Pöttinger Landtechnik GmbH u.å.b)

2.4. Inställningsmöjligheter på slåttermaskiner

Som beskrivits tidigare har slåttermaskinen en balk med knivförsedda rotorerna. Under denna sitter det medar även kallat släpskor, vilka kan användas för att anpassa stubbhöjden (Neuman & Sörqvist 2020). Pöttinger Landtechnik GmbH (u.å.a) hävdar att deras slåttermaskiner kan ta en lägsta stubbhöjd på 5 cm. Om maskinen utrustas med högsnittsmedar kan en stubbhöjd på 12 cm uppnås (ibid.). Vissa slåttermaskiner har justerbara släpskor (figur 7), vilket gör att en stubbhöjd över 15 cm kan uppnås (Walton & Keyser u.å.). En anpassning av rotorbalkens vinkel kan även göras för att höja och sänka stubbhöjden. Värt att notera är att ändring av vinkeln i vissa fall kan göra att rotorbalkens funktion kan begränsas (ibid.).



Figur 7. Justerbara släpskor för ökad stubbhöjd vid skörd av vall. (Keyser u.å.a)

Om slåttermaskinen är bogserad kan rotorbalkens höjd justeras med hjälp av maskinens lyftkolvar (Walton & Keyser u.å.). Detta med hjälp av att montera slagbegränsande distanser på kolvstången (figur 8) (ibid.). För burna slåttermaskiner är det vinkeln på slåtterbalken samt val av släpsko och dess inställning som reglerar stubbhöjden (Neuman & Sörqvist 2020).



Figur 8. Slagbegränsade distanser monterade på bogserad slåttermaskins kolvstång för ökad stubbhöjd vid skörd av vall. (Keyser u.å.b)

2.5. Inställningsmöjligheter för att minska spill vid bärgning

I ett tidigare examensarbete kom Alfredsson (2004) fram till att när grödan bärgas med flexkammarpres ökade spillet markant vid användning av snittverket inkopplat på balpressen. Spillet minimerades om strängarna var välfyllda och långa då balpressen även spiller på vändtegarna där den inte plockar upp något material (ibid).

Koegel et al. (1985) har i en studie jämfört torrsubstansförlusterna mellan tre olika typer av pressar vid 18 % vattenhalt. En av de jämförda pressarna var en mindre fyrkantspress och de övriga två pressarna var rundbalspressar av fixkammartyp och flexkammartyp. Studien konstaterade att det var ett betydligt större spill (ca 11 %) från fixkammarpresen i jämförelse med den mindre fyrkantspressen som enbart hade ett spill på ca 3 % och flexkammarpresen ca 4 % (ibid.)

En stor del av de mekaniska förlusterna vid bärgning av grödan inträffar vid pickupen (Schuler u.å.). Genom att ha rätt hastighet på pickupen i jämförelse med maskinens framdrivningshastighet kan spillet minimeras. Detta då en för låg hastighet på pickupen i jämförelse med maskinens framdrivningshastighet medför att materialet inte hinner plockas upp av pickupen och blir därav kvar på marken. En för hög hastighet på pickupen medför att pickupen sliter sönder materialet när den inte blir matad med material i lagom takt (ibid). Om strängen lyfts upp försiktigt av pickupen i en följsam rörelse som inte är för snäv minskar spillet (Bengtsson 1983).

Genom att tillföra lågtrycksånga vid pressning av lusernhö i torra förhållanden har det i studier visat sig att förlusterna av blad kan minskas i olika typer av fyrkantspressar (Shinners & Schlessler 2014).

2.6. Förluster

2.6.1. Fältförluster

Vid skörd av vall uppstår det förluster på fältet, det finns både förluster som är synliga och inte synliga (Neuman & Sörqvist 2020). Enligt McGechan (1989) är fältförluster de förluster som sker från slätter till lagring. Fältförlusterna delas in i andningsförluster, mikrobiella förluster, urlakningsförluster och mekaniska förluster (ibid.).

Även efter att grödan har slagits så fortsätter den slagna grödans cellandning (Claesson 1988). Andningen bidrar till att en del av torrsubstansen går förlorad samt ett lägre energiinnehåll i grönmassan. För att minimera andningsförlusterna krävs det att grödan torkas till den eftersträlvade ts-halten så fort som möjligt (ibid.). Detta går att uppnå genom att bredsprida grönmassan för att åstadkomma en snabbare förtorkning och att vid slättern använda en slätterkross vilket snabbar på torkningen av grönmassan (Hessle & Jaimsson 2020). Olika typer av behandling för att påskynda torkningsförloppet ger dock en högre risk för mekaniska förluster, framförallt från baljväxterna (Clason et al. 1978).

Det uppstår mikrobiella förluster i grönmassan vid alla stadier i nertorkningsförloppet (Jeppsson 1981). Den mikrobiella aktiviteten i grönmassan beror ej enbart på vattenhalten i grönmassan utan på vattenaktiviteten (Bjarntes et al. 1981). Vattenaktiviteten är förhållandet mellan grönmassans ångtryck och vattenångans mättnadstryck vid en viss temperatur (ibid.). En längre liggtid för grönmassan på fältet med en fuktig väderlek ökar risken avsevärt för mikrobiella förluster (Jeppsson 1981). Dock kan de mikrobiella förlusterna bortses under de första dygnet efter att växtmaterialet är slaget eftersom förlusterna då är minimala (ibid.).

Nederbörd på den slagna grödan kan ge upphov till urlakningsförluster (Nilsson et al. 1978). Lätlösliga näringsämnen sköljs bort med regnvattnet när det passerar genom grönmassan (Neuman & Sörqvist 2020). Om grönmassan vid nederbörden är relativt nyslagen och har en hög vattenhalt (ca 80 % vh eller högre) så har regn troligen ingen större påverkan avseende urlakningsförluster (Jeppsson 1981). Ju mer förtorkad grödan är desto högre blir risken för urlakningsförluster som nederbörd kan medföra (ibid.). Oönskad nederbörd kan ge upp till 30 % i ts-förluster om det sker över flera dagar och i värsta fall kan en stor del av näringsvärdet försvinna (Rotz 1995).

De mekaniska förluster som uppstår beror på grödans behandling med olika typer av maskiner vid slåtter, vändning, strängläggning och lastning (Clason et al. 1978). Grönmassans ts-halt är avgörande för den mängd mekaniskt spill som kan uppstå. Blad torkar fortare än övrigt växtmaterial och de blir lätt sköra och riskerar att falla av. Denna faktor gör att vallbaljväxterna som är bladrika har en större benägenhet att ge upphov till mekaniskt spill än vad gräs har (ibid.). Vid en hög baljväxtandel i grödan kan det således vara lockande att skörda denna genom direktskörd, där ts-halten ligger från 17 till 20 % (Neuman & Sörqvist 2020).

Rotz et al. (1993) kom fram till att vid direktskörd av blåusern (*Medicago sativa*) reduceras fältförlusterna med 6,9 % i jämförelse med en förtorkad grönmassa. Däremot uppstod det större lagringsförluster i form av pressvatten. Studien fastslog att med alla förlusterna medräknade så var skillnaderna så små att det ej fanns ett ekonomiskt incitament att skörda blåusern i ett direktskördesystem. Borreani et al. (1999) gjorde en jämförelse mellan förlusterna i italienskt rajgräs (*Lolium multiflorum*) och blåusern. Studien kom fram till att i italienskt rajgräs var förlusterna alltid lägre än 2 %, även vid väldigt intensiv bearbetning av grönmassan. Mängden spill i blåusern var upp till ca 12 % vid intensivare bearbetning. Studien fastslog att med hänsyn till spill bör den hårdaste bearbetningen med efterföljande hövändning vara mest lämplig för gräs. Detta för att torktiden kan förkortas utan att det ger alldeles för höga ts-förluster i fält.

2.6.2. Lagringsförluster

Förluster uppstår vid lagring av både hö och ensilage, orsakerna varierar dock mellan metoderna (Bjartnes et al. 1981). Förlusterna består av cellandning i ensilage och i vissa fall i hö, pressvatten och jäsning i ensilage samt mikrobiell nedbrytning med hjälp av jäst och mögelsvampar i både hö och ensilage (ibid.). Av de olika ensileringsmetoder som används är förlusterna störst vid lagring i plansilo (Spörndly 2014). Vid lagring av ensilage i rundbalar är förlusterna mycket låga, detta då ensilagebalar är tätare och exponeras för syre kortare tid innan utfodring (ibid.).

Förluster på grund av cellandning är mest förekommande om grönmassan ensileras (Bjartnes et al. 1981). Vid lagring av hö är vattenhalten i grönmassan oftast så pass låg att cellandningen har upphört. Lättlösliga kolhydrater förbrukas under cellandningen och ger upphov till värme. En förhöjd temperatur ger förutsättning för ökad hastighet på cellandningen. En förutsättning för cellandning vid lagring är att syre finns tillgängligt. Därav är det av stor vikt att så snabbt som möjligt få en syrefri miljö vid lagring av ensilage (ibid.).

Vid direktskörd av grödan då ts-halten är låg eller vid en för hög vattenhalt vid inlagring kan förluster i form av pressvatten uppstå (Spörndly 2013). Utöver förlusterna kan pressvatten förorena miljön och bör därmed samlas upp (Weidow 1998).

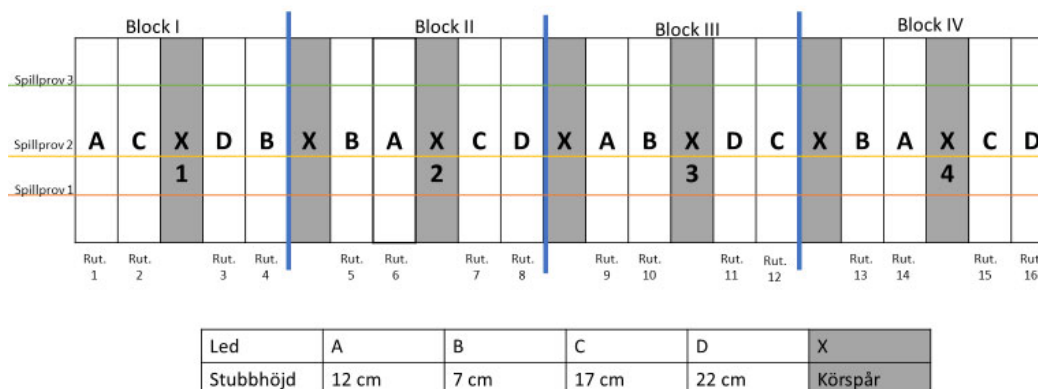
Vid en normal jäsning vid lagring av ensilage sker en omvandling av lättlösliga kolhydrater till fettsyror (Bjartnes et al. 1981). Dessa fettsyror är energirika vilket gör att bruttoenergiförlusterna oftast är något lägre än ts-förlusterna. Om pH-sänkningen efter inläggning inte går tillräckligt fort så kan en feljäsning ske. Detta ger upphov till större förluster (ibid.).

Vatten, syre och näring kan ge upphov till icke önskvärd mikrobiell nedbrytning med hjälp av jäst och mögelsvampar (Bjartnes et al. 1981). Jästsvamparna kan tillväxa både med och utan syre, men tillväxten sker snabbare i en syrerik miljö. Skador kan uppstå i hö som har en vattenhalt som är högre än 15 % eller i ensilage som får kontakt med luftens syre. Det är främst mögelsvampar som orsakar skador på hö medan i ensilage är det både mögel- och jästsvampar som orsakar skada. Svamparna förbrukar lättlösliga näringsämnen och ger upphov till värme, vilket i samband med hög syretillgång är gynnsamt för icke önskvärda mikroorganismer (ibid.).

3. Material och metod

3.1. Fältförsökets upplägg

Fältförsöket genomfördes den 31 maj till den 1 juni 2022 i Hulterstad på Öland. Försöket gjordes på en äldre vall (år 5) som uppskattades bestå av rajgräs (*Lolium*) (45 %), hundäxing (*Dactylis glomerata*) (40 %), rödklöver (*Trifolium pratense*) (5 %), blåusern (*Medicago sativa*) (5 %) och övrig ogräsflora (5 %). Vallen hade gödslats med 20 ton nötflytgödsel per hektar under oktober 2021 samt 300 kg NS 27-4 per hektar under april 2022. Vid försökets genomförande uppskattades att hundäxingen var i full blom (BBCH 65) och rajgräset hade axet helt ur holk (BBCH 59). Det var soligt vid genomförandet med en högsta temperatur på ca 17°C och en vindhastighet på ca 3 m/s. Fältförsökets mål var att mäta mekaniskt spill för fyra olika stubbhöjder vid vallskörd. De stubbhöjder som mättes var 7, 12, 17 samt 22 cm där 12 cm utgör referenshöjd. Försöket var ett helt randomiserat blockförsök med fyra block och fyra led i varje block. Varje parcell var 15 m lång och 3,2 m bred, bredden på parcellen är en anpassning till slätterkrossens arbetsbredd. För att kunna genomföra försöket praktiskt så nyttjades vissa områden i varje block som körspår (figur 9).



Figur 9. Illustration av blockens indelning samt provytornas placering. (Illustration: Jonas Gustafsson)

Grödan slogs med en bogserad slåtterkross (JF Stoll, GMS 3202). Strängplåtarna på slåtterkrossen var inställda för en strängbredd på ca 1 m. Stubbhöjden reglerades med en anpassning av vinkeln på slåtterbalken för de två lägre höjderna, för de två högre höjderna reglerades stubbhöjden hydrauliskt med hjälp av maskinens lyftkolvar. Efter 24 timmar bärgades grönmassan med en rundbalspress (New Holland, roll baler 125 combi). Pressens knivar nyttjades ej och pickupens höjd justerades inte mellan leden.

För att beräkna skördenivå togs ett klipprov för respektive stubbhöjd i varje block, klipproverna togs i de rutor som nyttjades till körspår mitt i vardera block. Strängprover togs slumpmässigt precis innan bärgning och vägdes i fält. Efter att grönmassan hade bärgats samlades tre spillprov in i varje parcell. Rutorna som spillproven samlades in i var 3,2 m² (3,2 m x 1 m). Spillproven samlades in genom att det räfsningsbara spillet i rutorna räfsades ihop för hand med en kratta. Rutorna som spillproven samlades in från låg 2 meter in i varje parcell från var ände samt mitt i parcellen. Liknade metod har använts i tidigare studier av Borreani et.al (1999) och Zetterberg (2019). Samtliga prover vägdes och torrsubstansen bestämdes genom torkning i torkskåp i 60°C under 72 timmar.

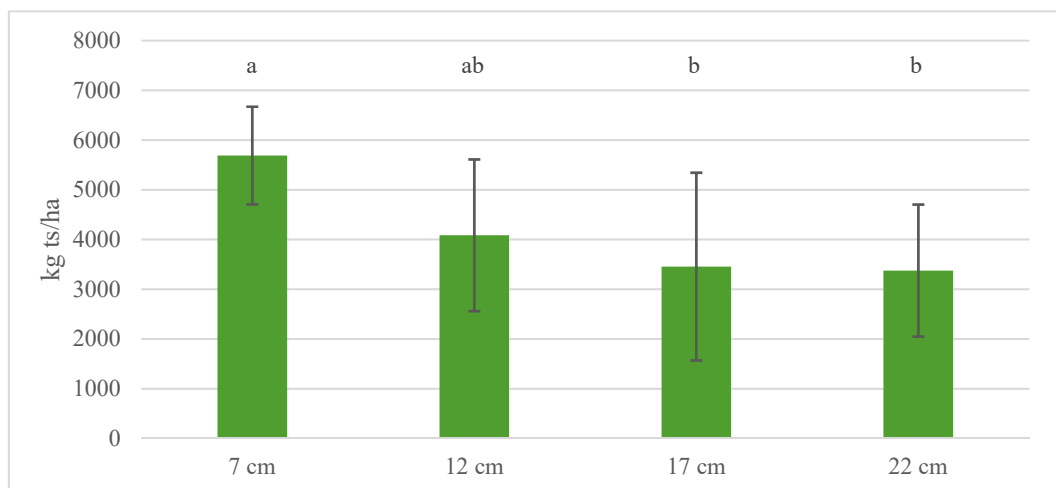
3.2. Statistisk analys

En sammanställning av mätvärdena gjordes för att få fram skördenivå och spill per hektar. Efter de mätvärden som tagits gjordes beräkningar för att få fram ts-halt vid skörd samt spill i procent av ts. Statistiska test med signifikansnivån 5 % gjordes för de uppmätta resultaten enligt Tukey's metod. De värden som tagits fram i den statistiska bearbetningen har använts för att skapa de tabeller och diagram som är presenterade i resultatdelen i detta arbete. Samtliga diagram är med 95 % konfidensintervall.

4. Resultat

4.1. Skördenivå

I figur 10 och tabell 1 presenteras den uppmätta skördenivån för respektive led. Störst skillnad uppmättes mellan 7 till 12 cm stubbhöjd. Minskningen i avkastning var ej lika dramatisk till de två högre stubbhöjderna. Spridningen i mätvärdena var generellt högre för 12, 17 och 22 cm stubbhöjd, vilket betyder att det är mindre säkra resultat än för ledet med 7 cm stubbhöjd.



Figur 10. Medelvärde för skördenivå i kg ts/ha, felstaplarna avser konfidensintervall 95 %, n=4

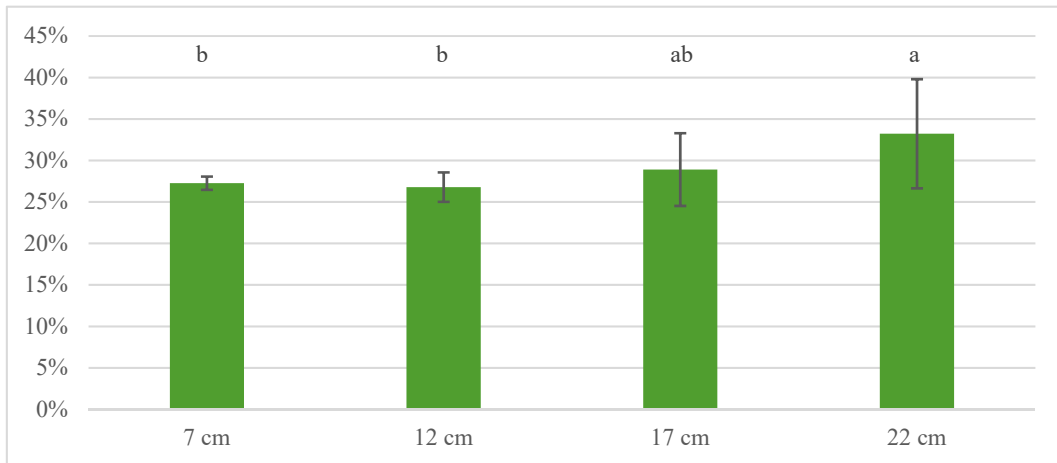
Tabell 1. Sammanställning av medelvärde för skördenivå

	Stubbhöjd			
	7 cm	12 cm	17 cm	22 cm
Medel, kg ts/ha	5689 ^a	4086 ^{ab}	3455 ^b	3374 ^b
Standardavvikelse, kg ts/ha	617	959	1187	834

^{a,b}Medelvärden med olika bokstäver i samma rad skiljer sig signifikant åt ($P < 0,05$).

4.2. Torrsubstanshalt vid pressning

I figur 11 och tabell 2 presenteras den uppmätta torrsubstanshalten vid pressning. Torrsubstansen för de två lägre stubbhöjderna har samma medelvärde, 27 %. Vid 17 cm stubbhöjd ökade torrsubstansen till 29 % och vid 22 cm stubbhöjd var den 33 %. Variationerna i mätvärdena var små vid 7 och 12 cm stubbhöjd och vid 17 och 22 cm stubbhöjd var variationerna högre. Variationerna tenderade till att öka ju högre stubbhöjd som togs.



Figur 11. Medelvärde för torrsubstanshalt vid pressning, felstaplarna avser konfidensintervall 95 %, $n=4$

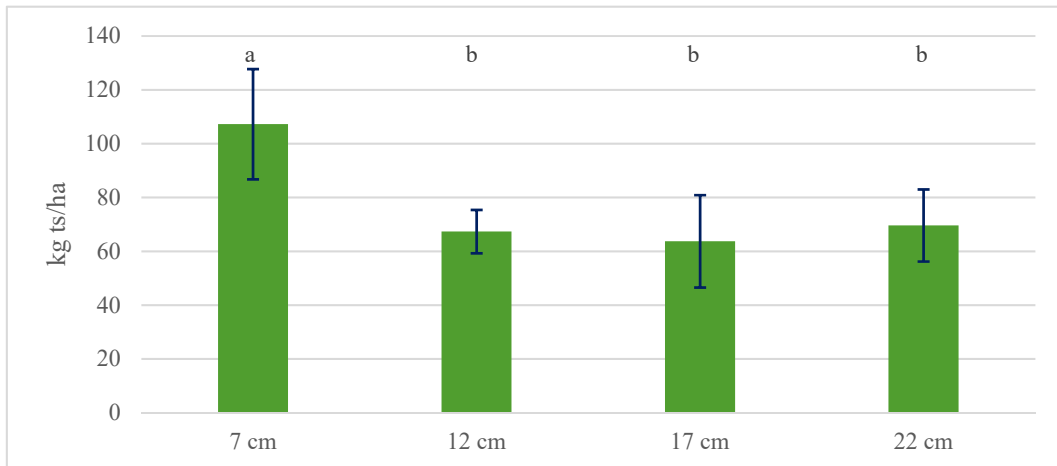
Tabell 2. Sammanställning av medelvärde för torrsubstanshalt vid pressning

	Stubbhöjd			
	7 cm	12 cm	17 cm	22 cm
Medel, %	27,3 ^b	26,8 ^b	28,9 ^{ab}	33,2 ^a
Standardavvikelse, %	0,50	1,11	2,75	4,13

^{a,b}Medelvärden med olika bokstäver i samma rad skiljer sig signifikant åt ($P < 0,05$).

4.3. Mängd mekaniskt spill per hektar

I figur 12 och tabell 3 presenteras den uppmätta mängden spill per hektar. Högst spill uppmättes i ledet med 7 cm stubbhöjd. Här var medelspill 107 kg per hektar. För de övriga stubbhöjderna var mängden spill relativt lika och låg på 64 till 70 kg ts per hektar. Lägsta avvikelser i mätvärdena mättes vid 12 cm stubbhöjd. Vid de resterande stubbhöjderna var avvikelserna högre. Den statistiska bearbetningen visar att det är en säkerställd skillnad mellan 7 cm och övriga stubbhöjder.



Figur 12. Medelvärde för mekaniskt spill i kg ts per ha, felstaplarna avser konfidensintervall 95 %, n=4

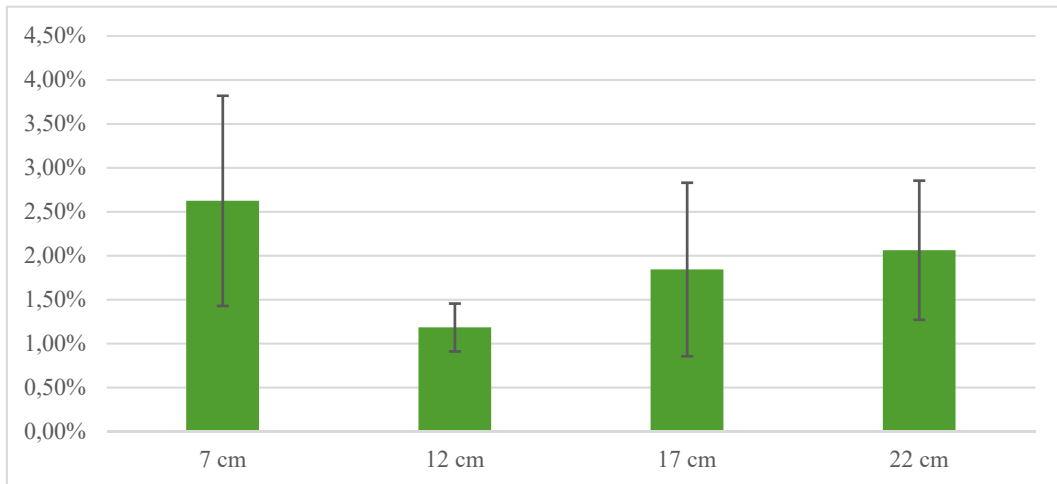
Tabell 3. Sammanställning av medelvärde för mekaniskt spill i kg ts per ha

	Stubbhöjd			
	7 cm	12 cm	17 cm	22 cm
Medel, kg ts/ha	107 ^a	67 ^b	64 ^b	70 ^b
Standardavvikelse, kg ts/ha	32	13	27	21

^{a,b}Medelvärden med olika bokstäver i samma rad skiljer sig signifikant åt ($P < 0,05$).

4.4. Mängd mekaniskt spill i förhållande till skörd

I figur 13 och tabell 4 presenteras det beräknade spillet per kg ts skörd, mätt i %. Statistiskt så var det inga skillnader mellan leden. Lägst spill var det vid 12 cm stubbhöjd med 1,18 %. Här var även avvikelsen i mätvärdena allra lägst. Högst mängd spill mättes vid 7 cm stubbhöjd, vid 17 och 22 cm stubbhöjd var spillnivåerna relativt lika. Avvikelserna i mätvärdena var stora för stubbhöjderna 7, 17 och 22 cm stubbhöjd i jämförelse med 12 cm stubbhöjd.



Figur 13. Medelvärde för mekaniskt spill i % baserat på medelskörd, felstaplarna avser konfidensintervall 95 %, $n=4$

Tabell 4. Sammanställning av medelvärde för mekaniskt spill i % baserat på medelskörd

	Stubbhöjd			
	7 cm	12 cm	17 cm	22 cm
Medel, %	2,62	1,18	1,84	2,06
Standardavvikelse, %	0,75	0,17	0,62	0,50

4.5. Sammanställning av resultat

I tabell 5 presenteras en sammanställning av resultatet för fältförsöket. Skördenivån skiljde sig mellan leden med högst ts-avkastning vid den lägsta stubbhöjden och lägre skördenivå ju högre stubbhöjden var. Statistiskt var det dock ingen skillnad i skördenivå mellan de tre högsta stubbhöjderna. Torrsubstanshalten vid pressning skiljde sig mellan leden med en högre ts-halt vid en högre stubbhöjd. Statistiskt så skiljer sig de två lägre stubbhöjderna sig från den högsta stubbhöjden. Mängden mekaniskt spill var allra högst vid en stubbhöjd på 7 cm och den skiljer sig statistiskt från de resterande leden. För stubbhöjderna 12, 17 och 22 cm fanns det ingen statistiskt skillnad i spill per hektar. Det var ingen statistisk skillnad i spill baserat på % av ts mellan leden.

Tabell 5. Sammanställning av resultat

	Stubbhöjd			
	7 cm	12 cm	17 cm	22 cm
Avkastning, kg ts/ha	5689 ^a	4086 ^{ab}	3455 ^b	3374 ^b
Torrsubstanshalt vid skörd, %	27 ^b	27 ^b	29 ^{ab}	33 ^a
Spill, kg ts/ha	107 ^a	67 ^b	64 ^b	70 ^b
Spill, % av ts-avkastning	1,88	1,65	1,84	2,06

^{a,b}Medelvärden med olika bokstäver i samma rad skiljer sig signifikant åt ($P < 0,05$).

5. Diskussion

Variationen på mätvärdena för mängden spill var högre vid den lägsta stubbhöjden och de två högsta. För de högsta stubbhöjderna kan det bero på svårigheterna vi hade med att samla in spillproverna. Detta var för att den kvarvarande stubbens höjd gjorde att räfsningen av spillproverna var svårare. Anledningarna till att variationerna var så pass höga vid den lägsta stubbhöjden samt låga vid den näst lägsta stubbhöjden är oklara.

Många av de mätvärden vi fick fram hade relativt stora variationer. Detta beror antagligen på att ett vallbestånd aldrig är helt jämnt och kan innehålla stora variationer vilket stämmer väl med tidigare studier (Nilsson et al. 1978). Även att beståndet är generellt ojämna högre upp i beståndet kan ha haft en inverkan på mätvärdena för skördenivå vid de två högsta stubbhöjderna.

Att skördenivån skiljer sig mellan leden var inget oväntat resultat. När stubbens höjden från 7 till 12 cm så minskade skörden med 1600 kg ts/ha. Skillnaden i skördenivån mellan stubbhöjderna är högre än vad tidigare studier har visat (Nilsson et al. 1978; Fagerberg 1979). Skördeförlusten på grund av skillnaden i stubbhöjd verkar påverkas i hög grad av grödans täthet, sammansättning och utvecklingsstadium i likhet med tidigare studier (Nilsson et al. 1978). Beräkningen av skördenivån är enbart baserade på en klippning per block för vardera stubbhöjd och mätvärdena som togs hade en relativt stor spridning. Detta gör resultatet osäkrare än ifall resultatet var beräknat på en eller flera klippningar per parcell då det kan finnas variationer inom varje block.

Vid beräkningarna för mängden spill i förhållande till skördenivå så var det inga statistiska skillnader. Dock var variationerna högre för 7, 17 och 22 cm stubbhöjd än för 12 cm stubbhöjd. Enligt vårt försöksresultat är det därmed ingen skillnad i spill per kg ts skördad grönmassa. Beräkningarna grundar sig dock på den uppmätta skördenivån i vart block där variationen i mätvärdena var höga.

Under försöket uppmärksammade vi att det var mycket uttorkade fjolårsväxtrester och gammal gödsel i det uppsamlade materialet vid 7 cm stubbhöjd. Vår teori är att detta beror på kombinationen av att slätterbalken gick nära och var aggressivt vinklad mot marken i det ledet. Vi antar att denna kombination medförde att fjolårsväxtrester och gödsel lättare revs upp från markytan, detta gav i sin tur upphov till ett högt uppmätt spill. Att det föreligger större risk för föroreningar i fodret vid låg stubbhöjd har bekräftats i tidigare studier (Svensson 1972 se Fagerberg 1979). Vad spillet vid denna stubbhöjd faktiskt innehåller är något som är av intresse att studera framöver.

Torrsubstanshalten vid pressningen var likartad för de två lägre stubbhöjderna och något högre för de två högsta stubbhöjderna. Enligt Neuman & Sörkvist (2020) ger en högre stubb mer luftgenomströmning och därmed en snabbare förtorkning. Detta överensstämde i vårt fall. Strängarna var tunnare ju högre stubb som togs vilket har en effekt på förtorkningen. Grönmassan var relativt blöt vid skörd. Hade den varit torrare hade mängden spill troligen varit större. Detta för att förtorkningsgraden på grönmassan har en påverkan på spillet (Jeppsson 1981).

I detta försök slogs grödan med hjälp av slätterkross med crimper. Denna typ av maskin har en tendens att ge en högre mängd spill än en slätterkross med valsar, särskilt i baljväxtrika vallar (Neuman & Sörkvist 2020). Ju mer bearbetning grödan får desto högre mängd spill blir det (Clason et al. 1978). Om försöket hade gjorts med bara slätterbalk hade spillnivån antagligen blivit lägre. Slätterkrossen som användes vid försöket hade delvis slitna knivar. Vår teori är att en slätterkross med nya vassa knivar hade gett ett bättre resultat med mindre spill då grödan slås av med ett fint snitt jämfört med att den slits av. Trots slätterkrossens skick skiljer sig inte spillnivån något nämnvärt från liknande studier som Zetterberg (2019) har utfört.

Vid försöket gjordes ingen justering på pressens pickup i höjdled mellan leden utan samtliga led pressades med samma inställning. Inställningen var anpassad för att på ett godtagbart sätt plocka upp grönmassan i ledet med den lägsta stubbhöjden. Vi tror att detta kan ha gett fördelar för de led med högre stubbhöjder. Detta för att det avslagna materialet ligger på en högre höjd i förhållande till pickupen vilket kan ha underlättat upptagandet. Pickuppinnarna fick i de högre höjderna gå igenom mer stubb och därav kanske plockade upp strängen mer skonsamt.

Snittverket på pressen nyttjades ej under försöket. Detta kan ha bidragit till en lägre nivå spill vid pressning. Detta för att nyttjande av snittverk ger ett ökat spill enligt tidigare studier (Alfredsson 2004). Vi tog beslutet att ej nyttja knivarna i pressen för att minimera spillnivån under försöket då det var stubbhöjdens inverkan på spillet som var det primära i försöket.

Vi har bara gjort ett försök på en plats vid en skördetidpunkt. Om flera försök hade genomförts hade underlaget gett ett säkrare resultat. Trots detta har försöket genomförts i fyra block vilket är det vanligaste vid utförande av fältförsök (Englund 2020). Försöket har bara genomförts med en viss maskintyp vilket kan påverka resultatet både positivt och negativt. Alla mätningar har gjorts enligt praxis och resultaten är statistiskt bearbetade. Att försöket genomfördes på en äldre vall gör att resultatet kanske inte är så representativ för majoriteten av Sveriges vallodling.

Syftet med denna studie var bland annat att undersöka om det fanns några skillnader i mängden mekaniskt spill vid olika stubbhöjder under vallskörd. Vi hade en hypotes innan fältförsökets genomförande att en högre stubbhöjd skulle orsaka ett större mekaniskt spill p.g.a. svårigheter att samla upp grönmassan. Resultatet blev istället det motsatta då den högsta mängden mekaniskt spill per hektar mättes vid den lägsta stubbhöjden (7 cm). En teori vi har är att grödan är tätare längre ner i beståndet vilket resultatet för skördenivå styrker. Det blir således ett större antal snitt vid slagning vilket i sin tur ger mer spill. I vårt försök var mängden spill per hektar för 12, 17 och 22 cm stubbhöjd likartade. Med vårt resultat i åtanke drar vi därmed slutsatsen att mängden spill per hektar ej påverkas av en högre stubbhöjd än normalt, vid denna typ av skördemetod. Ifall grönmassan hade bredspridits för att sedan strängläggas hade kanske resultatet varit annorlunda. Den ytterligare behandlingen hade förmodligen bidragit till en ökad risk för mekaniskt spill (Clason et al. 1978). Vad de två högsta stubbhöjderna hade haft för påverkan vid strängläggningen vet vi ej. Detta är något vi anser behöver studeras framöver.

Fältet som försöket genomfördes på hade en låg andel vallbaljväxter, detta har troligen påverkat resultatet. Bladrika baljväxter ger upphov till en större mängd spill än gräs (Clason et al. 1978). Detta kan ha påverkat resultatet i försöket då det genomfördes på en äldre vall med en låg andel baljväxter. Samtidigt pressades grödan med en torrsustanshalt på ca 30 %, vilket är ett normalt värde att skörda vid om grönmassan skulle hackas och läggas i plansilo. För pressning av ensilagerundbalar är en ts-halt på runt 50 % att föredra (Neuman & Sörqvist 2020). Detta kan göra att resultaten är missvisande för rundbalspressning då bärgningen ej skede vid rekommenderad ts-halt. Dock är uppsamlingsanordningen i en press och en exakthack mycket lika, vilket gör resultatet relevant.

Under försökets genomförande gjordes det inga kontrollmätningar på att stubbhöjden var korrekt mer än vid inställning av maskinen. Vid Fagerbergs (1979) försök mättes stubbhöjden på tio slumpvisvalda ställen i varje parcell. Därav har vi inte heller något uppmätt medelvärde för den stubbhöjd som egentligen togs. Vår okulära bedömning är dock att variationen inte var så stor, men ett medelvärde för respektive stubbhöjd hade varit fördelaktigt.

Litteraturstudien är baserad på många äldre försök. Dessa är visserligen bra men det visar ändå att forskningen inom ämnet är eftersatt. Principerna för skörd är liknade då som nu, men stubbhöjden i de försöken skiljer sig från dagens rekommendationer. Vid skörd i modern tid används i större omfattning maskiner med en mycket bredare arbetsbredd. Vad dessa maskiner har för spillnivån finns det ett behov av att studera.

Att justera stubbhöjden för att styra kvalitén på den skördade grödan och att eventuellt fraktionera grönmassan i flera beståndsdelar kan vara aktuell i vissa fall (Eriksson et al. 2020). Den skördade grönmassan ger då potential till att användas där den gör mest nytta t.ex. att den mer späda delen används till växande/högproducerande djur och den grövre delen utfodras till sinkor. Dock behöver flera undersökningar göras med flera moment i hanteringen av grönmassan för att se vilken påverkan stubbhöjden har på spillnivån i dessa fall. För att justering av stubbhöjden ska fungera väl i praktiken kan inställningsmöjligheterna på slåttermaskiner vara något för maskintillverkare att beakta vid utveckling av nya maskiner.

6. Slutsats

Slutsatsen av denna studie är:

- Vid högre stubbhöjd minskade totalskörden från 5,7 ton ts per hektar vid 7 cm stubbhöjd till 3,4 ton ts per hektar vid 22 cm stubbhöjd.
- Mekaniskt spill vid låg stubbhöjd (7 cm) visade sig vara högst med 107 kg ts per hektar. För stubbhöjderna 12, 17 och 22 cm var spillet mellan 60 och 70 kg ts per hektar. Enligt Tukey's metod är det en statistisk säkerställd skillnad mellan 7 cm och övriga stubbhöjder.
- Burna slåttermaskiner kan hantera stubbhöjder från 5 till 12 cm. Vid högre stubbhöjder krävs det att maskinen utrustas med justerbara släpskor. Med bogserade slåttermaskiner kan en högre stubbhöjd uppnås med hjälp av lyftkolvorna.

Referenser

- Alfredsson, H. (2004). *Spill från rundbalspress med och utan knivar*. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet.
https://stud.epsilon.slu.se/11489/1/alfredsson_h_171004.pdf [2023-03-31]
- Arnold, K. (u.å). *Rödklöver Ritning Clipart*. [illustration]
<https://www.publicdomainpictures.net/se/view-image.php?image=317946&picture=rod-klover-ritning-clipart> (CC0 1.0) [2023-05-13]
- Bengtsson, N. (1983). *Spill vid strängläggning och upptagning av hö, meddelande nr 397*. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala
- Biodiversity Heritage Library. (2016). *Lolium perenne illustration (01)*. [illustration] <https://garystockbridge617.getarchive.net/amp/media/lolium-perenne-illustration-01-8f2d60> (Public Domain Mark 1.0) [2023-05-13]
- Bjartnes, P., Gudmundsson, B., Kiviniemi, J., Tougaard Pedersen, T. & Svensson, K. (1981). *Spill och kvalitetsförluster vid skörd, beredning och hantering av vallfoder : rapport från en arbetsgrupp inom NJF:s sektion VII-Teknik*. Uppsala.
- Borreani, G., Tabacco, E. & Ciotti, A. (1999). Effects of Mechanical Conditioning on Wilting of Alfalfa and Italian Ryegrass for Ensiling. *Agronomy Journal*, 91(3), 457-463.
<https://doi.org/10.2134/agronj1999.00021962009100030016x>
- Claesson, S. (1988). *Höbärgning : erfarenheter och utvecklingsvägar*. Uppsala: SLU.
- Clason, Å. Djurberg, L., Ericsson, J. & Everitt, B. (1978). *Vallen – från fält till mule*. 1:1 uppl., Borås: LTs förlag.
- Delagarde, R., Peyraud, J.L., Delaby, L. & Faverdin, P. (2000). Vertical distribution of biomass, chemical composition and pepsin-cellulase digestibility in a perennial ryegrass sward: interaction with month of year, regrowth age and time of day. *Animal Feed Science and Technology* 84, 49-68
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840100001140?via%3Dihub>
- Englund, J.E. (2020) *Statistik och försöksplanering – kompendium för lantmästarprogramet*. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet.

- Eriksson, T., Nilsdotter-Linde, N., Gonda, H. & Andresen, N. (2020). *Ny slåtterteknik för fraktionering i två kvaliteter vid vallskörd*. (RJN 7/2018). Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet.
https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/huv/publikationer/slutrapport_rjn_7_2018-ny-slatterteknik-for-fraktionering-tg.pdf
- Eriksson, T., Gonda, H., Andresen, N. & Höglind, M. (2023). *Förläng vallens skördefönster genom att höja stubben*. I: Nilsdotter-Linde, N. & Bernes, G. (red.) (2023). *Vallkonferens 2023*. Februari 7-8, Uppsala, Sverige. 169-172
- Fagerberg, B. (1979). *Blad- och stjälktillväxt hos vallbaljväxter samt stubbhöjdens betydelse vid vallskörd : Leaf and stem development in forage legumes and the effect of cutting height on herbage production*. Inst. för växtodling, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Fogelfors, H. (2015). *Vår mat - Odling av åker- och trädgårdsgrödor*. 1:3 uppl., Lund: Studentlitteratur.
- Francis Digman, M., Shinnors, K.J. & Boettcher, M.E. (2013). Crop Mergers: Management of Soil Contamination and Leaf Loss in Alfalfa. *Applied Engineering in Agriculture*, 29(2), 179-185.
<https://doi.org/https://doi.org/10.13031/2013.42648>
- Hessle, A. & Jamieson, A. (2020). *Nötkött*. 2:1 uppl., Boxholm: Anna Jamieson.
- Jeppsson, R. (1981). *Förtorkning vid höberedning meddelande nr 389*. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.
- Johansson, C. (2013). *Slätter och förtorkning*.
<http://www.grovfoderverktyget.se/?p=31107> [2023-04-13]
- Jordbruksverket & Statistiska centralbyrån. (2020). *Jordbruks statistiskt sammanställning 2020 – med data om livsmedel – tabeller*.
https://jordbruksverket.se/download/18.78dd5d7d173e2fbbca98893/1597390150166/JS_2020.pdf [2023-03-29]
- Karlsson, L. (2014). *Övervintring av vall*.
<http://www.grovfoderverktyget.se/?p=31169> [2023-04-13]
- Keyser, P. (u.å.a). Skid shoe spacers, installed on a 600-series John Deere mower-conditioner, provide additional lift for the cutterbar and greater residual heights [fotografi]. I: Walton, J. & Keyser, P. (red.) *Adjusting mowing equipment for increased stubble heights when harvesting native grasses*. (SP 731-1). Tennessee: University of Tennessee, Center for native grasslands management.
<https://extension.tennessee.edu/publications/Documents/SP731-I.pdf> [2023-05-13]. Används med tillstånd från Patrick Keyser.

- Keyser, P. (u.å.b). Stroke-limiting collars installed on mower-conditioner lift cylinders can be used to raise cutterbar height [fotografi]. I: Walton, J. & Keyser, P. (red.) *Adjusting mowing equipment for increased stubble heights when harvesting native grasses*. (SP 731-1). Tennessee: University of Tennessee, Center for native grasslands management.
<https://extension.tennessee.edu/publications/Documents/SP731-I.pdf>
 [2023-05-13]. Används med tillstånd från Patrick Keyser.
- Koegel, R.G., Straub, R.J. & Walgenbach, R.P. (1985). Quantification of Mechanical Losses in Forage Harvesting. *Transactions of the ASAE*, 28(4), 1047-1051. <https://doi.org/https://doi.org/10.13031/2013.32385>
- McGechan, M.B. (1989). A review of losses arising during conservation of grass forage: Part 1, field losses. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 44, 1-21. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0021-8634\(89\)80067-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0021-8634(89)80067-8)
- NatureGate (2021). *Rödklöver*. <https://luontoportti.com/sv/t/460/rodklover-sv>
 [2023-04-26]
- Neuman, L. & Sörqvist, L. (2020). *Fältnakiner i lantbruket – från bearbetning till skörd*. Upplaga 1. Ulricehamn: L & L Förlag.
- Nilsson, E., Larsson, L.E. & Svensson, K.A. (1978). *Slätter för höberedning. Framkomlighet – förluster- fodervärde – avkastning. meddelande nr 376*. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.
- Pöttinger Landtechnik GmbH. (2022). *ED_Aufbereiter_2022*. [illustration]. Personlig kommunikation [2023-05-13]. Används med tillstånd från Cecilia Rathje, Marketing-Spezialistin / Marketing-Specialist, Pöttinger Landtechnik GmbH.
- Pöttinger Landtechnik GmbH. (u.å.a). *Fantastisk slätter*. [Broschyr]. Grieskirchen: Pöttinger Landtechnik GmbH.
https://www.poettinger.at/download/prospekte/68684/0/POETTINGER_017.sv.0822.pdf [2023-03-31]
- Pöttinger Landtechnik GmbH. (u.å.b). IMPRESS_3130_FC_PRO_Deutz_Grassilage_Pick-up_3_hq. [fotografi]
https://www.poettinger.at/img/landtechnik/collection/rundballenpressen/IMPRESS_3130_FC_PRO_Deutz_Grassilage_Pick-up_3_hq.jpg [2023-05-13]. Används med tillstånd från Cecilia Rathje, Marketing-Spezialistin / Marketing-Specialist, Pöttinger Landtechnik GmbH.
- Pöttinger Landtechnik GmbH. (u.å.c). *poettinger_maehbalken_2*. [fotografi]
https://www.poettinger.at/img/landtechnik/collection/scheibenmaeher/poettinger_maehbalken_2.jpg [2023-05-13]. Används med tillstånd från Cecilia Rathje, Marketing-Spezialistin / Marketing-Specialist, Pöttinger Landtechnik GmbH.
- Pöttinger Landtechnik GmbH. (u.å.d). *rc_aufbereiter*. [illustration].
https://www.poettinger.at/img/landtechnik/collection/scheibenmaeher/rc_aufbereiter.jpg [2023-05-13]. Används med tillstånd från Cecilia Rathje, Marketing-Spezialistin / Marketing-Specialist, Pöttinger Landtechnik GmbH.

- Rotz, C.A. (1995). Loss Models for Forage Harvest. *Transactions of the ASAE*, 38(6), 1621-1631. <https://doi.org/10.13031/2013.27987>
- Rotz, C.A., Pitt, R.E., Muck, R.E., Allen, M.S. & Buckmaster, D.R. (1993). Direct-cut Harvest and Storage of Alfalfa on the Dairy Farm. *Transactions of the ASAE*, 36(3), 621-628. <https://doi.org/10.13031/2013.28378>
- Schuler, R.T. (u.å.). *Machinery designs and adjustments for minimized field losses*. Wisconsin: University of Wisconsin-Madison. <https://fyi.extension.wisc.edu/forage/files/2014/01/fieldlosses.pdf>
- Shinners, K.J. & Schlessler, W.M. (2014). Reducing Baler Losses in Arid Climates by Steam Re-Hydration. *Applied Engineering in Agriculture*, 30(1), 11-16. <https://doi.org/10.13031/aea.30.10115>
- Spörndly, R. (2013). *Hygienisk kvalitet*. <http://www.grovfoderverktyget.se/?p=31094> [2023-04-12]
- Spörndly, R. (2014). *Förluster vid ensilering*. I: Nilsson-Linde, N., Bernes, G., Liljeholm, L. & Spörndly, R. (red.) (2014). *Vallkonferens 2014*. Februari 5-6, Uppsala, Sverige. 105-108. <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/vpe/vpe-report/vpe-report/vallkonferens-2014.pdf> [2023-03-29]
- Srivastava, A.K., Goering, C.E., Rohrbach, R.P. & Buckmaster, D.R. (2006). *Chapter 11 Hay and Forage Harvesting*. (Engineering Principles of Agricultural Machines, Second Edition). St. Joseph, MI: ASABE. <https://doi.org/10.13031/2013.41473>
- Ståhl, P. (2014). *Mekaniskt vallbrott*. [Broschyr]. Jönköping: Jordbruksverket. https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_jo/jo14_1.pdf [2023-04-26]
- Svenska FN-Förbundet. (2023). *Globala målen för hållbar utveckling*. <https://fn.se/globala-malen-for-hallbar-utveckling/> [2023-04-26]
- Svensson, K. (1973). *Skördemetodens, stubbhöjdens och skördetidens inflytande på slåttervallens återväxt och övervintring*. Uppsala: Lantbrukshögskolan, Institutionen för arbetsmetodik och teknik.
- Tidåker, P., Rosenqvist, H., Gunarsson, C. & Bergkvist, G. (2016). *Räkna med vall. Hur påverkas ekonomi och miljö när vall införs i spannmålsdominerade växtföljder?*. (Rapport 445, Lantbruk & Industri). Uppsala: JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1062177/FULLTEXT01.pdf>
- Walton, J. & Keyser, P. (u.å.). *Adjusting mowing equipment for increased stubble heights when harvesting native grasses*. (SP 731-1). Tennessee: University of Tennessee, Center for native grasslands management. <https://extension.tennessee.edu/publications/Documents/SP731-I.pdf>
- Weidow, B. (1998). *Växtodlingens grunder*. 2:2 uppl., Helsingborg: Bengt Weidow och LTs förlag.

- Wilkinson, S.R. Adams, W.E. & Jackson, W.A. (1970). Chemical composition and in vitro digestibility of vertical layers of coastal bermudagrass (*Cynodon dactylon* L.). *Agronomy Journal*. 62, 39-43.
<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2134/agronj1970.00021962006200010013x>
- Wirsén, H. (2014). *Baljväxtandel i vallen*. <http://grovfoderverktyget.se/?p=31142>
[2023-04-26]
- Zetterberg, A. (2019). *Spill vid skörd av vallensilage*. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet.
https://stud.epsilon.slu.se/14950/1/zetterberg_a_190826.pdf [2023-04-24]

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.