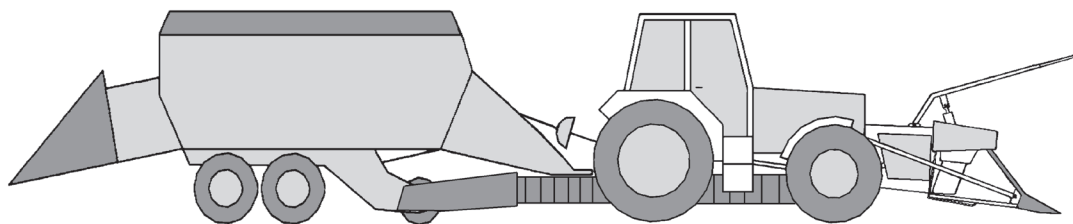




**LANDSKAP TRÄDGÅRD JORDBRUK**

Rapportserie



## Utvärdering av metoder för vårskörd av stråbränslen *Evaluation of methods for spring harvest of straw fuels*

### **Partnerskap Alnarp**

**Sven-Erik Svensson, Thomas Prade**

**Fredrik Hallefält och Jan Erik Mattsson**

Jordbruk – odlingssystem, teknik och produktkvalitet, SLU Alnarp

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

**Rapport 2010:21**

ISSN 1654-5427

ISBN 978-91-86373-28-3

Alnarp 2010





**LANDSKAP TRÄDGÅRD JORDBRUK**

Rapportserie

Utvärdering av metoder för vårskörd av stråbränslen  
*Evaluation of methods for spring harvest of straw fuels*

**Partnerskap Alnarp**

**Sven-Erik Svensson, Thomas Prade**

**Fredrik Hallefält och Jan Erik Mattsson**

Jordbruk – odlingssystem, teknik och produktkvalitet, SLU Alnarp

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

**Rapport 2010:21**

ISSN 1654-5427

ISBN 978-91-86373-28-3

Alnarp 2010



## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD.....	3
SAMMANFATTNING.....	5
SUMMARY.....	7
INLEDNING.....	9
BAKGRUND.....	9
PROJEKTETS SYFTE.....	12
PROJEKTETS GENOMFÖRANDE.....	12
RESULTAT.....	13
Utländska erfarenheter rörande vårskörd av elefantgräs.....	13
Spill- och kapacitetsmätningar för enstegsskördesystemet.....	15
Skördeekonomiska beräkningar för enstegs- och tvåstegsskörd.....	16
DISKUSSION.....	21
REFERENSER.....	23
Bilaga 1 – Kalkylblad för beräkning av skördeteknisk intäkt vid vårskörd av hampa.....	25
Bilaga 2 - Känslighetsanalyser.....	26



## FÖRORD

Detta projekt ”Utvärdering av metoder för vårskörd av stråbränslen” utreder om enstegsskörd, vid vårskörd av hampa, leder till mindre spill samt förbättrad skördeekonomi (skördeteknisk intäkt) jämfört med skördemetoder där flerstegsprinciper tillämpas vid pressning av hampa i fyrkantsbal.

Projektet har genomförts under 2008 - 2010 i samarbete med Eslöv Lund Kraftvärmeverk AB (ELKV AB) inom Lunds Energi. Lunds Energi har initierat projektet tillsammans med LRF:s kommungrupper i Lund och Eslöv.

Stiftelsen Lantbruksforskning har finansierat projektet med 350 000 kr (projekt V0840057), Partnerskap Alnarp med 100 000 kr (projekt 233) och ELKV AB med 50 000 kr.

Vi vill tacka alla som bidragit till att detta projekt kunnat genomföras. Vidare är vår förhoppning att beskrivna metoder och teknik för vårskörd av hampa skall kunna förbättra skördeekonomin även hos andra vårskördade stråbränslen, t.ex. rörflen, som skall balas.

Alnarp i juni 2010

Sven-Erik Svensson  
Projektledare  
Område Jordbruk  
SLU Alnarp

Erik Steen Jensen  
Områdeschef  
Område Jordbruk  
SLU Alnarp

Skissen på framsidan är gjord av Thomas Prade, SLU Alnarp





## SAMMANFATTNING

Detta projekt syftar till att, i det lite längre perspektivet, visa på metoder och tekniska lösningar som medför att stråbränslen kan vårskördas på rot och pressas i storbal med minskat spill samtidigt som en bättre skördeekonomi uppnås jämfört med idag när flerstegsmetoder tillämpas.

Flera undersökningar visar att skördespillen vid pressning av vårskördade stråbränslen såsom hampa och rörflen, i rund- eller fyrkantsbal, kan vara mycket stort, upp till 40-50 %, när pressningen av stråbränslena sker genom flerstegsskördemetoder. Spillet uppkommer till största delen då det torra och spröda stråbränslematerialet lagts på marken vid strängläggningen och pressens pickup inte kan samla upp allt finmaterial igen.

Detta stora spill påverkar odlingsekonomin i mycket hög grad, när stråbränslegrödorna odlas specifikt som en huvudprodukt för försäljning som fastbränsle. Spill t.ex. vid halmbärgning är inte alls lika allvarligt ur ekonomisk synpunkt, eftersom halmen är en biprodukt vid spannmålsodling. Ett spill vid halmpressning kan givetvis resultera i ökade bärgningskostnader, eftersom fler hektar måste utnyttjas för att få den mängd halm man tänkt bärga.

Hypotesen är att enstegsskörd (direktskörd på rot) resulterar i betydligt mindre spill och därigenom en förbättrad skördeekonomi, ”skördeteknisk intäkt”, jämfört med de flerstegsmetoder som hitintills använts när stråbränslen vårskördats och pressats i balar.

Projektets studier har avgränsats till hampa, eftersom spillet enligt genomförd litteraturomgång är mycket stort vid skörd av hampa samtidigt som hampan ställer mycket stora krav på skördetekniken, för att klara av de kraftiga fibrerna i grödan.

Projektets resultat visar att enstegsskörd vid pressning av vårskördad hampa i fyrkantsbal både kan resultera i ett starkt reducerat skördespill, ner till ca 20 %, och att skördeekonomin kan förbättras. Den skördade arealen per år måste dock överstiga ca 50 ha för energihampa eller ca 35 ha för ekologisk fiberhampa för att den högre investeringskostnaden i enstegsskördesystemet skall kunna räknas hem skördeekonomiskt, genom det minskade spillet. Dessa brytpunkter för arealerna har beräknats via traditionell maskinkostnadskalkylering.

Odlingsekonomin förbättras genom att den skördetekniska intäkten ökar vid enstegsskörd jämfört med tvåstegsskörd, pga. det kraftigt minskade spillet för enstegsmetoden. Den skördetekniska intäkten definieras här som den potentiella bruttointäkten per hektar för grödan minskad med skördekostnaden per hektar och intäktsbortfallet från skördespillen som hamnar på marken vid skörden.

Den skördetekniska intäkten kan också beskrivas som den potentiella bruttointäkten per hektar från hampan när den står på rot, minskad med intäktsbortfallet från spillet (20 % för enstegsskörd resp. 40 % för flerstegsskörd) samt skördekostnaden för aktuellt skördesystem per ha.

För att inte hamna i ekonomiska beräkningar och diskussioner om odling av hampa överhuvudtaget är en lönsam gröda, så är de ekonomiska kalkylerna i projektet i huvudsak avgränsade till att beräkna den skördetekniska intäkten från hampan per ha, när den ligger balad vid fältkant och klar för borttransport för användning eller lagring.

En känslighetsanalys för de i kalkylen ingående parametrarna, när de ökar med 20 %, visar att den skördetekniska intäkten vid skörd av konventionell energihampa påverkas mest av skördens storlek per hektar (en ökning med 24 till 32 %), försäljningspriset för hampan (en ökning från 30 till 39 %) och skördespillet (som minskar intäkten med 3 till 16 % beroende på vilket system och areal som undersöks). Övriga parametrar i kalkylen påverkar den skördetekniska intäkten mer marginellt, om de ökar 20 %.

Känslighetsanalysen visar att det är viktigt att se till att skörden blir stor per hektar och att priset på försålt stråbränsle hålls uppe, parallellt med ett minskat spill för att odlingsekonomin för stråbränsle skall förbättras.

Projektets mål i det korta perspektivet var även att undersöka om de skördemetoder och skördetekniker som används vid vårskörd av elefantgräs (*miscanthus*) i balad form även kan tillämpas vid vårskörd av hampa och rörflen. Den metod som Lohnunternehmen Humer i Heiligenberg i Österrike har utvecklat för enstegsskörd av elefantgräs i balad form fungerar även för vårskörd av hampa, vilket har visats inom projektet.

Det visade sig även att avverkningsförmågan var mycket hög för Humers enstegsskörd-system, i den relativt glesa hampan. Arbets hastigheten uppmättes till ca 8 km per timme. Detta gav en praktisk arbetskapacitet på ca 2 ha per timme med det 3 m breda skärbordet.

Denna enstegsskördemetod resulterar också i ett mycket rent stråbränsle med minimalt med föroreningar i form av sand, grus och jordpartiklar. Detta bör medföra att stråbränslet lättare kan vidareförädlas från hela balar till andra fastbränsleprodukter, såsom briketter eller pellets.

Eftersom enstegsskörd blir ekonomiskt lönsamt i jämförelse med flerstegsskörd redan vid en så liten användning som i ca 50 ha energihampa per år, vilket motsvaras av ca 35 timmars användning per år, så bör det vara relativt lätt att introducera denna nya skördeteknik för vårskörd av hampa.

Ett skördespill på 20 % vid enstegsskörd ger en kostnad för hampabalar vid värmeverk på ca 0,90 kr/kg vid en skördenivå på 10 ton/ha och en skördad areal på 100 ha/år. Denna kostnad motsvarar samma prisnivå, ca 200 kr/MWh, som skogsflis hade under första kvartalet 2010.

Enstegsskördemetoden för vårskörd av elefantgräs och hampa bör även vara utvecklingsbar för vårskörd av rörflen som skall balas, för att minska spillet, öka renheten i det balade materialet samt förbättra odlingsekonomin även i denna gröda.

## SUMMARY

This project examined methods and technical solutions that can be used in the long-term for spring harvesting of straw fuels (direct harvesting of the standing crop) and for making big bales with less losses and better profitability than can be achieved with current multi-step methods.

Previous studies have shown that harvest losses during square or round baling of spring-harvested straw fuels such as hemp and reed canary grass can be very large, up to 40-50%, when multi-step harvesting methods are used. The losses mainly occur when the dry, brittle straw fuel material is windrowed in the field and the baler pick-up cannot collect all the fine material.

These high losses affect the profitability of the crop to a very great degree, since straw fuel crops are grown specifically as the main product for sale as solid fuel. Losses during e.g. baling of cereal straw are by no means as serious from an economic perspective, since the straw is a by-product of grain production. Losses in straw baling can of course result in increased baling costs, since more hectares must be covered to collect the required amount of straw for baling.

It has been suggested that one-step harvesting (direct harvesting of the standing crop) results in considerably lower losses and thus better harvesting economics compared with the multi-step methods used to date for spring harvesting and baling of straw fuels.

The scope of the project was restricted to hemp, since according to the literature, losses during hemp harvesting are very high. In addition, hemp poses a major challenge for harvesting equipment because of the coarse fibres in the crop.

The results of the project showed that one-step spring harvesting of hemp in square bales can greatly decrease harvesting losses to around 20% and thus improve the profitability of the crop. However, the area harvested annually must exceed approx. 50 ha for energy hemp or approx. 35 ha for organic fibre hemp in order for the higher investment costs in the one-step harvesting system to be recouped through the decrease in harvesting losses. These breakpoints as regards area were calculated using conventional machinery costings.

The profitability of the crop can be further improved due to the increase in harvesting gross margin with the one-step system resulting from the decrease in losses compared with two-step harvesting. The harvesting gross margin is calculated as the potential gross income per hectare from the crop, less the harvesting costs per hectare and the loss of income resulting from the harvesting losses. The harvesting gross margin can also be defined as the potential gross income from the hemp on the root, less the loss of income resulting from the harvesting losses (20% for one-step harvesting and 40% for multi-step harvesting) plus the harvesting costs for the harvesting system used.

To avoid ending up in discussions on whether hemp is actually a profitable crop, the profitability assessment in the project was mainly limited to the harvesting gross margin per hectare from leaving the hemp lying baled at the edge of the field and ready for transport to the site of use or storage.

A sensitivity analysis of the effects of a 20% increase in the parameters included in the calculations revealed that the harvesting gross margin was most affected by the crop yield per hectare (an increase of 24-32%), the commercial price of the hemp (an increase of 30-39%) and harvesting losses (a decrease in gross margin of 3-16% depending on the system used). A 20% increase in the other parameters in the calculations had a more marginal effect on harvesting gross margin.

This sensitivity analysis shows that it is important to ensure that yields per hectare are high and that the price of the straw fuel sold is maintained, in parallel with a decrease in losses, in order for the profitability of straw fuel to be improved.

A short-term objective of the project was to investigate whether harvesting methods and harvesting equipment used in spring harvesting of *Miscanthus* can also be used in spring harvesting of hemp and reed canary grass. The results showed that the one-step baling method for *Miscanthus* developed by Lohnunternehmen Humer in Heiligenberg, Austria, is also suitable for spring harvesting of hemp.

The results also showed that the work capacity of the Humer one-step harvesting system was very high in the relatively sparse hemp crop. The driving speed was approx. 8 km per hour, giving a practical work capacity of approx. 2 ha per hour for the 3 m wide cutting head. This one-step harvesting method also resulted in very clean straw fuel with minimal contamination by sand, gravel and soil particles. This should mean that the straw fuel bales can be more easily processed into other solid fuel products such as briquettes or pellets.

Since one-step harvesting is more profitable than multi-step harvesting even for areas of energy hemp as small as 50 hectares, which is equivalent to approx. 35 hours of use per year, it should be relatively easy to introduce this new harvesting technique for spring harvesting of hemp.

With harvesting losses of 20%, one-step harvesting gives a cost for hemp bales of approx. SEK 0.90 per kg from a harvested area of 100 ha/year with a hemp yield of 10 ton/ha. This cost was at the same energy price level, approx. SEK 200/MWh, as that of wood chips in the first quarter of 2010.

The one-step harvesting method for spring harvesting of *Miscanthus* and hemp is probably also applicable for spring harvesting of reed canary grass in bales in order to decrease losses, increase the purity of the baled material and improve the profitability of this crop.

## INLEDNING

Detta projekt är inriktat på utvärdering av nya metoder för vårskörd av stråbränslen, främst hampa, där materialet direktskördas på rot och pressas i storbalar (120 x 130 x 240 cm). Vårskördad hampa har bra förbränningsegenskaper med låga vatten- och kaliumhalter samt höga asksmälttemperaturer (Berg et al. 2007). Detta medför att hampa, precis som vårskördat rörflen, är ett intressant stråbränsle.

Metoder för vårskörd av elefantgräs, switchgrass etc. är bland annat redovisat av Huisman (2003), dock inte teknik för vårskörd av hampa, vilket förefaller vara en specifik nordisk företeelse. Hansson (2005) beskriver att de metoder som används för vårskörd av industrihampa i Sverige är tvåstegsskördemetoder, dvs. först utförs strängläggning och därefter sker pressning av materialet i ett separat moment.

Balning av hampa via tvåstegsskörd leder till ett mycket stort skördespill (Sjödahl, 2007; Nilsson & Olsson, 2008). Hypotesen är att direktskörd på rot, s.k. enstegsskörd (figur 1) resulterar i betydligt mindre spill och därigenom en förbättrad skördeekonomi jämfört med de flerstegsmetoder (figur 2 – 4), som hitintills använts när hampa vårskördas och pressas i rund- eller fyrkantbalar.



*Figur 1. Ett majsbord, Kemper 3000, i fronten på traktorn och ett transportband under traktorn levererar stråbränslet till pressens pickup. Detta medför att grödan kan skördas på rot utan att läggas på marken, s.k. enstegsskörd. Denna skördemetod bör resultera i ett litet spill och ett rent stråbränsle utan föroreningar. Foto: Thomas Prade.*

## BAKGRUND

Efterfrågan på olika typer av biobränsle ökar stadigt i Sverige och oron stiger för att skogsråvaran inte skall räcka till för alla användningsområden i framtiden. På grund av den hårdnande konkurrensen om biomassa ökar intresset för användning av stråbränslen, såsom halm, rörflen och hampa, inom kraftvärmeproduktion.

Erfarenheterna från storskalig hantering och användning av halm som stråbränsle är mycket omfattande jämfört med rörflen och hampa. I Danmark är erfarenheterna från användning av halm i stora fyrkantbalar till kraftvärmeverk omfattande. För att utnyttja potentialen hos olika stråbränslen framöver krävs fungerande och kostnadseffektiva hanteringskedjor för skörd, lagring och transport av bränslena (Berg et al. 2007).

Detta projekt syftar till att, i det lite längre perspektivet, visa på metoder och tekniska lösningar som medför att hampa kan vårskördas på rot och hanteras på ett betydligt mer ekonomiskt fördelaktigt sätt inför leverans till större värmeverk, jämfört med idag när flerstegsmetoder tillämpas vid balningen.

Kunskapen om nya skörde- och hanteringsmetoder för vårskörd av hampa bör med fördel även kunna tillämpas i andra stråbränslen, främst rörflen, men även andra energigräs, som skall vårskördas och hanteras i balar.

Projektets mål i det korta perspektivet är att undersöka om de skördemetoder och skörde-tekniker som används för vårskörd av elefantgräs (*miscanthus*) i främst Tyskland även kan tillämpas vid vårskörd av hampa.

Lunds Energi har för avsikt att bygga ett kraftvärmeverk vid Örtofta, mellan Eslöv och Lund, som ska eldas med biobränslen. En av de två pannorna ska kunna elda ca 75 000 ton stråbränsle per år, huvudsakligen halm, men även andra bränslen såsom hampa och energigräs skall kunna användas. Kravet på dessa stråbränslen är att de skall levereras till kraftvärmeverket i stora fyrkantsbalar, av s.k. Hesston-typ. Det är samma baltyp som används i de stora danska kraftvärmeverken samt i halmpannorna i Skurup och i Trelleborg för fjärrvärme-produktion (Bernesson & Nilsson, 2005).

Under år 2006 inledde Lunds Energi ett samarbete med några lantbruksföretag i Lund, Lomma och Staffanstorps kommuner rörande odling av hampa för energiändamål. Under perioden januari till april 2007 skördades hampan genom att först stränglägga den med en modifierad rapssträngläggare från Liljenbergs Maskinstation i Billinge (Höör) och därefter pressa hampan med vanliga rundbals- och fyrkantspressar (Eborn, 2007).

Lunds Energi har fortsatt provodlingen av hampa under åren 2007 - 2010 i samarbete med lantbrukarna och SLU Alnarp för att utvärdera hampans möjligheter som bränsle till det planerade kraftvärmeverket i Örtofta.

Erfarenheterna från hampaskörden våren 2007 visar att skördekostnaderna blir höga, ca 3300 kr/ha. Detta beror till stor del på skördekonceptet med tvåstegsskörd där två maskiner; en modifierad rapssträngläggare (figur 2), med en relativt låg kapacitet, och en vanlig balpress ingår (Prade, 2007). Vidare blev spillet alldeles för stort, över 50 %, då rapssträngläggaren och en rundbalspress skördade hampa på Alnarps Egendom (Sjödahl, 2007).



*Figur 2. Strängläggning av hampa med modifierad rapssträngläggare från MacDon. Foto: Rune Ekman, Bionic.*

Ytterligare undersökningar av skördespill i hampa vid tvåstegsskörd utfördes inom detta projekt våren 2008. Då testades den modifierade rapssträngläggaren (figur 2) och en specialbyggd strängläggare för hampa "HempCut" (figur 3) i kombination med en fyrkantspress (figur 4) och en rundbalspress. Även här uppmättes ett högt skördespill, 35 – 45 %, vilket inte är acceptabelt ur ekonomisk synpunkt (Nilsson & Olsson, 2008; Lindman, 2008).



*Figur 3. Strängläggning av hampa med den specialbyggda strängläggaren "HempCut". Foto: Sven-Erik Svensson.*



*Figur 4. Pressning av hampa med fyrkantspress, balstorlek ca 120 x 130 x 240 cm, balvikt ca 500 kg, densitet ca 125 kg per m<sup>3</sup>. Foto: Sven-Erik Svensson.*

Spillet vid vårskörd av rörfilen kan också vara stort, men är mycket beroende av hur skonsam bärningsteknik som används. I Finland har i flera försök mer än hälften av skörden gått till spillo, när rörfilensbeståndet varit kruttorrt vid skörden på våren (Knuttila, 2006). Stora skördeförluster genom spill samt låg densitet hos balar motiverar att ny skördeteknik utvecklas för rörfilen (Xiong et al. 2008).

En exakthack, utrustad med majsbordet Kemper 4500, fungerar erfarenhetsmässigt bra vid vårskörd om hampan är spröd, dvs. frusen eller snustorr (Svennerstedt & Nilsson, 2006; Jonsson, pers. medd. 2009). Under våren 2007 testade SLU Alnarp i samarbete med Lunds Energi möjligheten att pressa exakthackad hampa "stationärt" med hjälp av en vanlig "mobil" fyrkantspress.

Målet var att den exakthackade hampan, som var 3 - 5 cm, skulle pressas i fyrkantsbalar för att därefter underlätta lagring, transport och hantering hos olika användare, t.ex. större kraftvärmeverk. Det gick dock inte att pressa den exakthackade hampan till acceptabla fyrkants-

balar av Hesston-typ. Balarna blev inte riktigt fyllda och de blev inte tillräckligt formstabila och därför inte möjliga att hantera på ett bra sätt vid lagring och transport. Detta berodde på att materialet var för finhackat för att kunna hanteras av fyrkantspressen. Danska erfarenheter visar att exakthackat elefantgräs inte får vara kortare än ca 10 cm om det med framgång skall kunna pressas till fyrkantsbalar (Fløjgaard Kristensen, 2001).

Teknik för stationär rundbalspressning av exakthackad hampa finns dock på marknaden, t.ex. Orkel MP 2000 (Norge) och Göweil LT-Master (Österrike). Orkel MP 2000 har testats med gott resultat vid pressning av exakthackad hampa inom projektet Green4u i Västergötland. Problemet är att rundbalar inte kan användas i kraftvärmeverk anpassade för fyrkantsbalar. Vidare blir kostnaden för detta hanteringssystem med exakthackning av hampan i kombination med stationär rundbalspressning relativt hög, pga. många hanteringsled. Detta medför att det exakthackade och stationärt rundbalade stråbränslet får svårt att prismässigt konkurrera med andra biobränslen i storskaliga kraftvärmeanläggningar.

För småskalig hantering av stråbränslen, som skall vidareförädlas på gårdsnivå till briketter eller pellets, så bör denna stationära rundbalningsteknik vara intressant även ur ekonomisk synvinkel, jämfört med annan hanterings- och lagringsteknik för exakthackat material, t.ex. lagring i ”ensilagekorv”.

Vid kortare transportavstånd mellan fält och användare är direktleverans av exakthackad hampa i stora containrar ett intressant alternativ om densiteten på det hackade materialet blir tillräckligt hög. Hampa som exakthackas direkt i container får en densitet på ca 60 kg ts per m<sup>3</sup> (Söderström, 2010). Detta transportsätt har även testats inom detta projekt, när den hampa som odlats i samarbete med Lunds Energi skördades våren 2010. Densiteten på den exakthackade hampan uppmättes till ca 75 kg per m<sup>3</sup> i containrar med en volym på 40 m<sup>3</sup> och då vattenhalten i hampan var ca. 20 %, vilket motsvarar 60 kg ts per m<sup>3</sup>.

## **PROJEKTETS SYFTE**

Detta projekt syftar till att visa på metoder och tekniska lösningar som medför att hampa kan vårskördas på rot och pressas i storbal med minskat spill och bättre ekonomi jämfört med idag när flerstegsmetoder tillämpas. Projektet har avgränsats till att studera hampa, eftersom skördespillet är stort för denna stråbränslegröda, samtidigt som hampan ställer höga krav på skördetekniken för att klara av de kraftiga fibrerna i grödan.

## **PROJEKTETS GENOMFÖRANDE**

Projektet har indelats i fyra huvuddelar:

- Insamling och bearbetning av praktiska erfarenheter från utlandet rörande vårskörd av elefantgräs. Denna projektdel har genomförts via studiebesök och kontakt med maskinentreprenörer och maskinleverantörer i Tyskland och Österrike.
- Spill- och kapacitetsmätningar, vid vårskörd av hampa, där en självgående fyrkantspress med majsbord (enstegsskörd) jämförs med strängläggning och separat pressning i fyrkantsbalar (tvåstegsskörd).



- Skördeekonomiska beräkningar för de två systemen (enstegsskörd och tvåstegsskörd).
- Demonstration av vårskörd av hampa, vilket här förmedlas via YouTube.  
Enstegsskörd; självgående press byggd runt en stor traktor  
<http://www.youtube.com/watch?v=ARLrFA6p9o8>  
  
Tvåstegsskörd; separat strängläggning och pressning  
<http://www.youtube.com/watch?v=hQ-bHVxcrhk>

## RESULTAT

### *Utländska erfarenheter rörande vårskörd av elefantgräs*

#### **Självgående press med frontmonterat majsbord för skörd av elefantgräs på rot**

Huisman (2003) beskriver olika metoder för skörd och hantering av bland annat elefantgräs (*miscanthus*), hampa, rörflen och switchgrass. En självgående press med ett frontmonterat skärbord och en inmatningsanordning till en integrerad fyrkantspress ser ut till att vara den optimala lösningen för vårskörd av olika stråbränslen på rot. Framförallt om den självgående pressen kan utrustas med olika typer av skärbord, anpassade till aktuellt stråbränsle, så bör skördespillet kunna reduceras kraftigt jämfört med när flerstegssystem tillämpas.

Deutz-Fahr utvecklade och tillverkade en självgående fyrkantspress, Power Press 120 H, i Tyskland under mitten av 1990-talet. Power Press 120 H kunde utrustas med pick-up samt olika typer av skärbord beroende på vilket material som skulle pressas. Några av dessa självgående pressar har modifierats för enstegsskörd av elefantgräs, dvs. avhuggning, uppsamling och pressning i ett och samma moment (figur 5 och 6).



*Figur 5. Självgående fyrkantspress från Deutz-Fahr, Power Press 120 H, här utrustad med majsbordet Kemper 3000 för enstegsskörd av elefantgräs. Foto: <http://ca.tractorfan.eu/picture/12919>*



Figur 6. Självgående fyrkantspress från Deutz-Fahr, Power Press 120 H. Här utrustad med majsbordet Kemper 4500. Detta majsbord är väl utprovat i Sverige för vårskörd av torr hampa med exakthack. Foto: <http://ca.tractorfan.eu/picture/10663/>

Produktionen av Power Press 120 H är nedlagd sedan ett antal år tillbaka, vilket betyder att pressen numera endast finns att köpa på begagnatmarknaden. Skulle man välja att investera i en begagnad Power Press 120 H, får man räkna med att baldensiteten och balkkvaliteten inte riktigt blir den samma som hos balar från nyare pressar, p.g.a. en något föråldrad pressteknologi. Detta resulterar i en relativt låg balvikt, vilket medför högre transportkostnader om stråbränslat skall transporteras över stora avstånd. Vid vårskörd av hampa i Sverige där nyare teknologi för fyrkantspressning har använts, så har balvikter på ca 500 kg uppnåtts vid en balstorlek på ca 120 x 130 x 240 cm, vilket resulterar i en baldensitet ca 125 kg per m<sup>3</sup>.

För vårskörd av elefantgräs och hampa på rot krävs ett radoberoende majsbord av rätt utformning, t.ex. Kemper 3000 eller Kemper 4500. Detta kräver en omfattande ombyggnation av den självgående pressen, med förstärkt drivsystem, eftersom dessa majsbord behöver mycket mer effekt än en pickup eller ett vanligt skärbord som Power Press 120 H var konstruerad för.

Paktiska erfarenheter från pressning av stränglagd fiberhampa på hösten med Power Press visar att det krävs ganska omfattande modifieringar med specialgjorda skydd och avskärande hylsor runt axlar och lagerbussningar. På så sätt kan den självgående pressen under en längre skördeperiod klara av de sega hampafiberna. Modifieringar bör också göras på pressens inmatningskanal med gummimattor som ersätter de tandförsedda medbringarna på den traditionella inmatningselevatoren, för att hampan inte skall fastna på väg upp mot pressen. (Mayer pers. medd., 2008)

Mot denna bakgrund anser vi att en begagnad Power Press 120 H ganska enkelt kan anpassas för vårskörd av rörfilen på rot och andra liknande energigräs genom att utrusta den med ett tröskskärbord. Dock krävs det alldeles för omfattande ombyggnationer för att anpassa den till vårskörd av hampa på rot.

**Självgående press byggd runt en traktor med majsbord för skörd av elefantgräs på rot**  
Framtill på en stor traktor med stor frigångshöjd monteras ett skärbord som är anpassat till aktuell gröda. En vanlig press är kopplad bakom traktorn på normalt sätt. Ett transportband under traktorn levererar materialet på ovansidan av pressens pick-up. Detta beskriver den tekniska lösning som Lohnunternehmen Humer i Heiligenberg i Österrike utvecklat för vårskörd av elefantgräs (figur 7).



*Figur 7. Ett majsbord, Kemper 3000, i fronten på en traktor och ett transportband under traktorn levererar elefantgräset till pressens pickup utan att materialet läggs på marken. Detta resulterar i en mycket intressant lösning för enstegsskörd av elefantgräs, hampa etc. Foto: <http://www.humer-heiligenberg.at/mispres.htm>*

Humers lösning för enstegsskörd medför att stråbränslegrödorna hampa, elefantgräs, m.fl. vårskördade energigräs kan skördas på rot utan att de först läggs på marken, vilket sker då flerstegsskördemetoder tillämpas. Enstegsskördemetoden resulterar i ett mycket rent stråbränsle med minimalt med föroreningar i form av sand, grus och jordpartiklar. Detta bör medföra att stråbränslet lättare kan vidareförädlas från hela balar till andra fastbränsleprodukter, såsom briketter eller pellets.

### ***Spill- och kapacitetsmätningar för enstegsskördesystemet***

Inom detta projekt har den nya metoden för enstegsskörd vid vårskörd av hampa utvärderats. Utvärderingen har genomförts i ett samarbete mellan Lohnunternehmen Humer i Heiligenberg i Österrike och Område Jordbruk vid SLU Alnarp. Våren 2008 såddes ca 1 ha hampa av sorten Futura 75 av Humer i Heiligenberg och under våren 2009 skördades hampan via enstegsskördemetoden (Emgardsson, 2009).

Den 7 april 2009 uppmättes spillet för enstegsskördesystemet genom att mäta den totala biomassan ovan mark i 6 skörderutor före skörd, väga de pressade balarna efter genomförd skörd, mäta stubbhöjden och väga stubbens vikt från 6 nya rutor där skörd utförts. Detta resulterade i ett spill på ca 27 % av den totala biomassan vid en stubbhöjd på ca 20 cm. Av det totala skördespillet på 27 % så kunde vi härleda ca 19 %-enheter till stubbhöjden och ca 8 %-enheter till spill på marken. Vidare visade försöket att varje cm stubb ger ett spill på ca 1 %.

Denna nya metod för vårskörd av hampa ger förutsättningar för ett ännu lägre skördespill, runt 20 %. Detta beror på att en ännu lägre stubbhöjd, 10-15 cm, kan erhållas, eftersom det frontmonterade skördebordet på traktorn kan modifieras för att gå mycket närmre marken jämfört med ett traditionellt majsbord på en exakthack. Detta betyder att om stubbhöjden sänks från ca 20 cm till ca 13 cm, så kommer spillet att minska från ca 27 % till ca 20 %.

En annan orsak till det låga skördespillet, utöver den låga stubbhöjden, är att det transportband som löper under traktorn matar pressens pickup med hampamaterialet på ovasidan.

Detta medför att pickupen inte behöver plocka upp något smått och sprött hampa material som ligger på marken, vilket är det normala fallet vid tvåstegsskörd.

Vidare visade det sig att avverkningsförmågan var mycket hög för Humers enstegsskördesystem, i den relativt glesa hampan. Arbets hastigheten uppmättes till 8 km per timme via en GPS-logger monterad på traktorn. Detta ger en praktisk arbetskapacitet på ca 2 ha per timme då skärbordets arbetsbredd är 3 m och fältens arrondering är bra.

### **Skördeekonomiska beräkningar för enstegs- och tvåstegsskörd**

Hypotesen är att enstegsskördemetoden leder till en förbättrad skördeekonomi, jämfört med tvåstegsskördemetoden, med dess stora skördespill, om den skördade arealen hampa överstiger en viss areal per år. Detta utreds i det följande av rapporten.

För att kunna bedöma om enstegsskörd vid vårskörd av hampa, med ett lägre skördespill, leder till högre intäkter per hektar jämfört med metoder där flerstegsprinciper tillämpas, har data från spill- och kapacitetsmätningar samlats in inom projektet, både i Sverige och i Österrike, för de två skördemetoderna:

- 1) Enstegsskörd där hampan skördas med ett majsbord monterat fram på traktorn. Hampan transporteras med hjälp av ett band under traktorn utan att läggas på marken och pressas i samma skördemoment med en traditionell fyrkantspress, utan att materialet hackas/sönderdelas.
- 2) Tvåstegsskörd där hampan strängläggs med en modifierad rapshuggare och där pressningen utförs i ett separat moment med en traditionell traktordriven fyrkantspress, utan att materialet hackas/sönderdelas.

Dessa spill- och kapacitetsmätningar har kompletterats med skördemätningar genom uttag av skördeprov i skörderutor, ända ner till marknivå, för att få indata på den potentiella hampaskörden som står på rot. Dessa resultat redovisas i tabell 1 tillsammans med andra indata för att kunna genomföra skördekostnads kalkyler för de två systemen.

**Tabell 1. Indata för skördekostnads kalkylering av de två undersökta skördesystemen**

	Konventionell hampa till energi	Ekologisk hampa för fiber etc	
Skörd (potentiell på rot)	10	6	ton/ha
Avsalupris (10 % vatten)	0,75	1,5	kr/kg vid fältkant i bal
Pressning och fälttransport	70	70	kr/bal (500 kg/bal)
<b>Tvästegsskörd</b>			
Spill	40	40	% av skörd på rot
Strängläggning, kostnad	800	800	kr/tim
Strängläggning, kapacitet	0,8	1	ha/tim
<b>Enstegsskörd</b>			
Spill	20	20	% av skörd på rot
Investering i utrustning	450 000	450 000	Kr
Kapacitet	1,6	2	ha/tim
Större traktor (merkostnad)	200	200	kr/tim
Restvärde (majsbord)	100 000	100 000	kr
Ränta	5	5	%
Avskrivningstid	5	5	år

De ekonomiska kalkylerna i detta projekt görs på två sätt. Först beräknas den ”skördetekniska intäkten” från hampan per ha, när den ligger balad vid fältkant och klar för borttransport för användning eller lagring. Därefter görs en beräkning av kostnaden för balad hampa levererad till värmeverk.

Den skördetekniska intäkten definieras vi som den potentiella bruttointäkten per hektar från hampan när den står på rot, minskat med intäktsbortfallet från spillet (20 % för enstegsskörd resp. 40 % för tvåstegsskörd) samt skördekostnaden för aktuellt skördesystem per ha. Den skördetekniska intäkten kan också beskrivas som nettointäkten när skördekostnaden och kostnaden för spillet är fråndraget från bruttointäkten. I detta fall hampa pressat i fyrkantsbal klar för leverans från lager vid fältkant.

Skördekostnaden för tvåstegssystemet; strängläggning och pressning i fyrkantsbal, är beräknad utifrån maskinstationstaxor i södra Sverige. Skördekostnaden för enstegssystemet har utvecklats och beräknats utifrån traditionell maskinkostnadsberäkning, enligt Maskinkalkylgruppen (2007).

Indata på investeringens storlek för det nya skördekonceptet ”självgående press byggd runt en stor traktor” har erhållits från Humer (pers. medd., 2009) och Andersson (pers. medd., 2009).

Pris på energihampa i fyrkantsbal är satt till 0,90 kr per kg vid värmeverkets grind vid ett energipris på 200 kr per MWh (10 % vattenhalt ger ca 4,5 MWh per ton hampa). Med en antagen kostnad för transport av balarna från fältkant till värmeverk på 0,15 kr per kg, så blir priset för hampan vid fältkant, 0,75 kr/kg. Ekologisk hampa i fyrkantsbal kan säljas i Skåne, för leverans till danska uppköpare, för drygt 1,50 kr/kg, enligt Olsson (pers. medd., 2009).

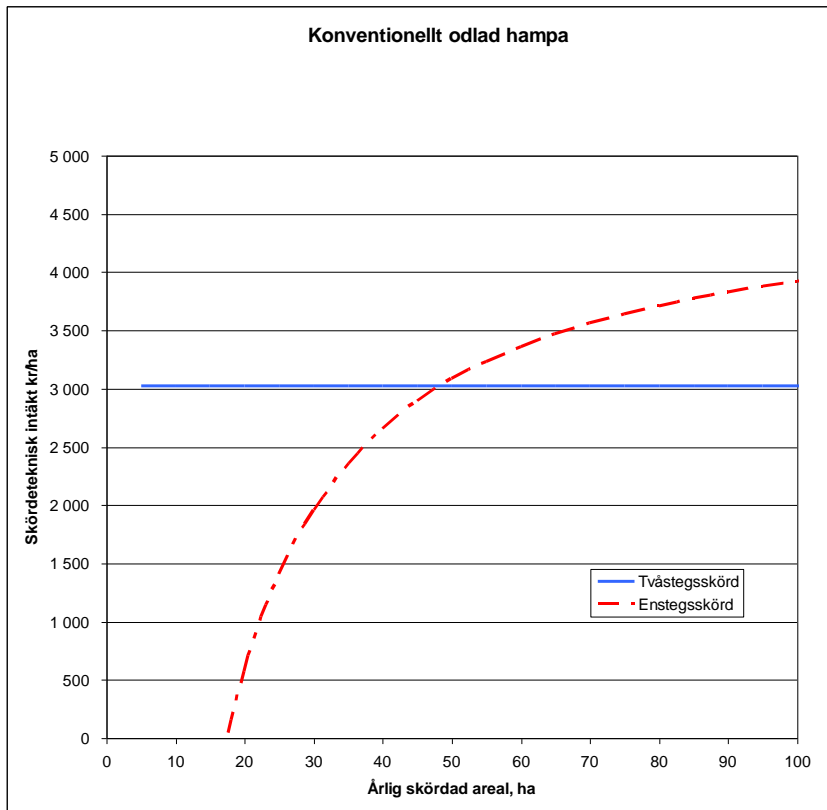
Vi har valt att använda en fast maskinstationstaxa i kalkylerna för strängläggning och pressning av hampa, eftersom dessa tjänster redan finns tillgängliga på marknaden. Vidare är de inte arealberoende i någon större utsträckning, eftersom dessa maskiner redan används under många timmar per år. De är därmed väl utnyttjade, enligt vedertaget begrepp inom maskinkostnadsberäkning. Kostnad för strängläggning av hampa per timme har erhållits från Liljenberg (pers. medd., 2009). Egna mätningar ligger bakom kapacitetssuppgifterna för strängläggning av hampan.

Kostnad för pressning samt transport av balarna till fältkant (vikt 500 kg/bal) 70 kr per bal har hämtats från Bernesson och Nilsson (2005). Övriga indata är antagna utifrån praxis rörande maskinkostnadsberäkning, t.ex. 5 % ränta samt 5 års avskrivningstid för relativt otestade maskiner, se tabell 1. Maskinkostnadsberäkningen är utvecklad och utförd i Excel® och i bilaga 1 visas kalkylarket som används för inmatning av data till beräkningarna samt utfallet från beräkningarna.

För att visa hur försäljningspriset för hampan samt skördens storlek per hektar kan påverka den skördetekniska intäkten per hektar, beroende på valt skördesystem, så finns beräkningar utförda både för konventionellt odlad hampa för energiändamål samt ekologiskt odlad hampa för fiberändamål, se figur 8 resp. figur 9.

Med utgångspunkt från indata i tabell 1 så ger maskinkostnadsberäkningarna för de två skördesystemen; enstegsskörd respektive tvåstegsskörd följande resultat på den skördetekniska intäkten samt brytpunkten för systemval:

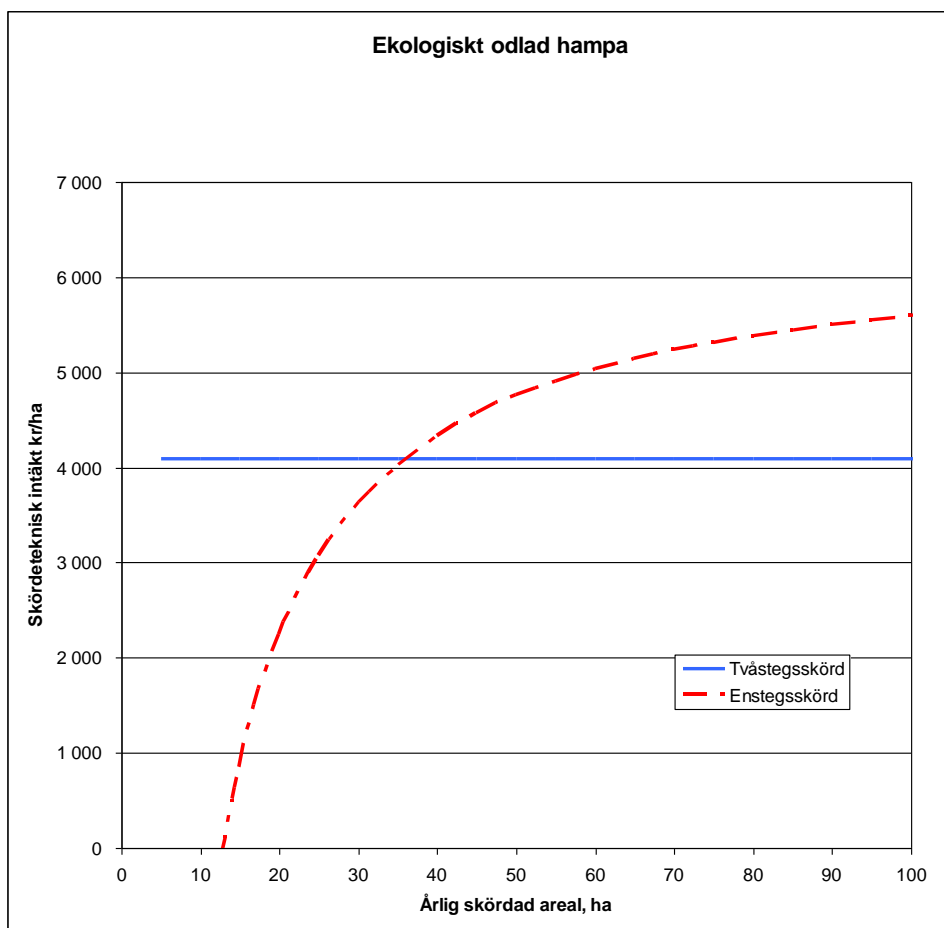
- 1) När den årliga skördade arealen överstiger ca 50 ha så är det ekonomiskt lönsamt att tillämpa enstegsskörd för konventionellt odlad hampa, som används för energiändamål, se figur 8.
- 2) När den årliga skördade arealen överstiger ca 35 ha så är det ekonomiskt lönsamt att tillämpa enstegsskörd för ekologiskt odlad hampa, som används t.ex. för fiberändamål, se figur 9.



Figur 8. Vid en årlig skördad areal över 50 ha konventionell hampa för energiändamål, då 10 ton per ha står på rot, är det ekonomiskt lönsamt att tillämpa enstegsskörd.

Av figur 8 framgår att den skördetekniska intäkten efter tvåstegsskörd ligger på ca 3000 kr per hektar, vilket skall täcka alla andra kostnader för den konventionella hampaproduktionen.

Figur 8 visar vidare att om enstegsskördssystemet används på 100 ha per år så blir den skördetekniska intäkten ca 4000 kr per hektar, eller ca 1000 kr större per hektar jämfört med om tvåstegsskördssystemet används.



Figur 9. Vid en årlig skördad areal över 35 ha ekologisk hampa för fiberändamål, då 6 ton per ha står på rot, är det ekonomiskt lönsamt att tillämpa enstegsskörd.

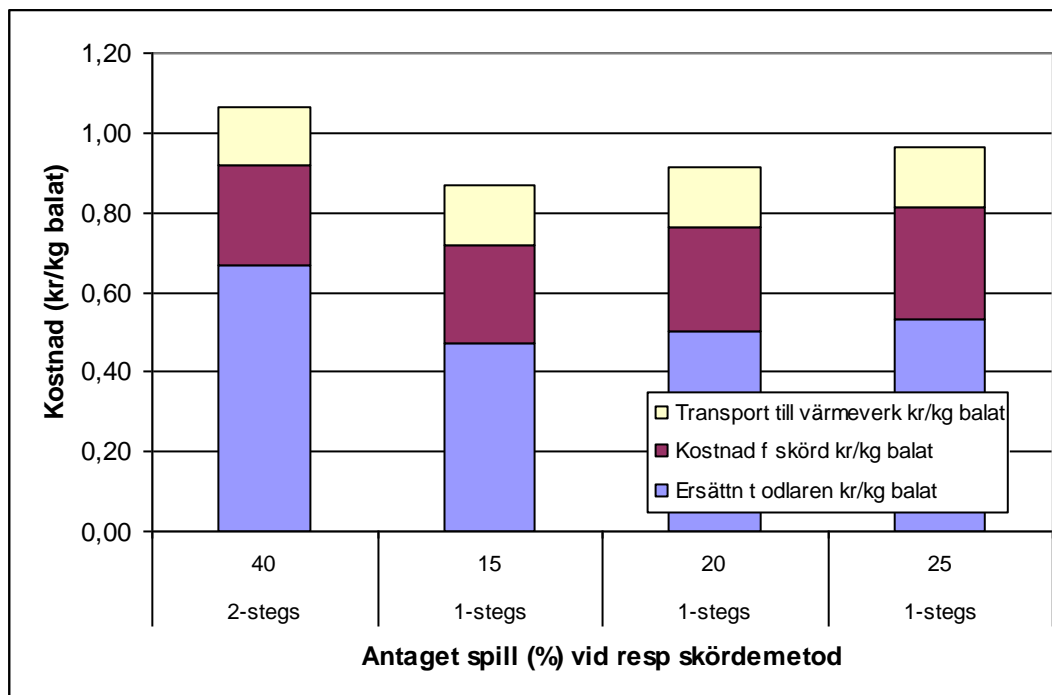
Av figur 9 framgår att den skördetekniska intäkten vid tvåstegsskörd av ekologisk fiberhampa ligger på ca 4000 kr per hektar, vilket skall täcka alla andra kostnader för odlingen. Beräkningarna visar vidare att om enstegsskördssystemet används på 100 ha ekologisk hampa per år så blir den skördetekniska intäkten ca 5500 kr per hektar, eller ca 1500 kr större per hektar jämfört med om tvåstegsskördssystemet används.

I bilaga 2 visas resultatet i en känslighetsanalys hur de i kalkylen ingående parametrarna påverkar den skördetekniska intäkten, när de ökas en i taget med 20 %. De tre viktigaste parametrarna som påverkar den skördetekniska intäkten är; skördens storlek per hektar som ökar den skördetekniska intäkten med 23-32 % beroende på valt system), försäljningspriset (ger en ökning med 26 till 39 %) och spillet (ger en minskning med 3 till 16 %). Alla de andra parametrarna påverkar den skördetekniska intäkten mer marginellt när de ändras med 20 %.

Kostnaden för balad hampa levererad till värmeverk beräknas med utgångspunkt i följande antaganden:

- Enstegsskördaren skördar 100 ha/år till en kostnad av 2 100 kr/ha
- Kostnad för hampa på rot 0,40 kr/kg, vid 10 ton/ha och 4 000 kr/ha, beräknat från Forsberg *et al.* (2006)
- Balarna levereras direkt till värmeverk utan lagring
- Transport av balar till värmeverk i närområdet kostar 0,15 kr/kg
- Tre olika nivåer på spill vid enstegsstegsskörd av hampa; 15, 20 resp. 25 %

Resultatet från beräkningarna visar att ett skördespill på 20 % vid enstegsskörd ger en kostnad för hampabalar vid värmeverk på ca 0,90 kr/kg, se figur 10. Detta motsvarar samma prisnivå, ca 200 kr/MWh, som skogsflis hade under första kvartalet 2010 (SCB, 2010).



Figur 10. Kostnad för balad hampa vid värmeverk vid olika nivåer på skördespill.



## DISKUSSION

Flera undersökningar visar att skördespillet kan vara mycket stort, upp till 50 %, vid pressning av vårskördade stråbränslen, såsom hampa och rörflen, i rund- eller fyrkantsbal. Spillet vid tvåstegsskördemetoden uppkommer till största delen då det torra och spröda stråbränslematerialet lagts på marken vid strängläggningen och att pressens pickup inte kan samla upp allt material igen.

Detta stora spill påverkar odlingsekonomin i mycket hög grad, eftersom stråbränslegrödorna odlas specifikt som en huvudprodukt för försäljning som fastbränsle. Spill vid halmbärgning är inte alls lika allvarligt ur ekonomisk synpunkt, eftersom halmen är en biprodukt vid spannmålsodling, men spillet kan givetvis resultera i ökade bärgningskostnader, eftersom fler hektar måste utnyttjas för att få den mängd halm man tänkt bärga.

I detta projekt har vi visat att enstegsskörd vid pressning av vårskördad hampa i fyrkantsbal både kan resultera i ett starkt reducerat skördespill, ner till ca 20 % och att odlingsekonomin kan förbättras för energihampa om den årligen skördade hampaarealen överstiger ca 50 ha med denna nya skördemetod.

Odlingsekonomin förbättras genom att den skördetekniska intäkten (den potentiella brutto-intäkten per hektar minskat med intäktsbortfallet från spillet och skördekostnaden per hektar) ökar vid enstegsskörd jämfört med tvåstegsskörd pga. det minskade spillet för enstegsskördemetoden. Den skördade arealen måste dock överstiga ca 50 ha för energihampa och ca 35 ha för ekologisk fiberhampa per år för att den högre investeringskostnaden i enstegsskördsystemet skall kunna räknas hem genom det minskade spillet. Skördas däremot 100 ha konventionell energihampa per år med enstegsskördemetoden så förbättras nettot för odlaren med ca 1000 kr per ha jämfört med om tvåstegsskördemetoden används.

Eftersom enstegsskörd blir ekonomiskt lönsamt i jämförelse med flerstegsskörd redan vid en så liten användning som i ca 50 ha energihampa per år, vilket motsvaras av ca 35 timmars användning per år, så bör det vara relativt lätt att introducera denna nya skördeteknik för vårskörd av hampa.

Ett skördespill på 20 % vid enstegsskörd skulle ge en kostnad för hampabalar vid värmeverk på ca 0,90 kr/kg, inom ett kort transportavstånd. Det motsvarar samma prisnivå, ca 200 kr/MWh, som skogsflis hade under första kvartalet 2010.

En känslighetsanalys för de i kalkylen ingående parametrarna, när de ökar med 20 %, visar att den skördetekniska intäkten för den konventionella energihampan påverkas mest av skördens storlek per hektar (ökar med 24 till 32 %), försäljningspriset (ökar med 30 till 39 %) och spillet (minskar den skördetekniska intäkten med 3 till 16 %) beroende på valt system och årlig skördad areal.

De övriga parametrarna i kalkylen påverkar den skördetekniska intäkten mer marginellt, om de ökar 20 %. Känslighetsanalysen visar att det är viktigt att se till att skörden blir stor per hektar och att priset på försålt stråbränsle hålls uppe, parallellt med ett minskat spill för att odlingsekonomin för stråbränsle skall förbättras.

Den metod som Humer i Österrike har utvecklat för enstegsskörd av elefantgräs fungerar även mycket bra för vårskörd av hampa. Det visade sig att avverkningsförmågan var mycket hög

för enstegsskörde systemet, i den relativt glea hampan. Arbetshastigheten uppmättes till 8 km per timme. Detta gav en praktisk arbetskapacitet på ca 2 ha per timme då arbetsbredden på skärbordet var 3 m.

Enstegsskörde metoden resulterar också i ett mycket rent stråbränsle med minimalt med föroreningar i form av sand, grus och jordpartiklar. Detta bör medföra att stråbränslet lättare kan vidareförädlas från hela balar till andra fastbränsleprodukter, såsom briketter eller pellets.

Enstegsskörde metoden för vårskörd av elefantgräs och hampa bör även vara utvecklingsbar för vårskörd av rörflen som skall balas, för att minska spillet, öka renheten i det balade materialet samt förbättra skörde- och odlingsekonomin även i denna gröda.

## REFERENSER

Andersson, Per Uno. 2009. Pers. medd. Ringsjö Maskin AB, Hörby.

Berg M, Bubholz M, Forsberg M, Myringer Å, Palm O, Rönnbäck M och Tullin C. (2007). *Grödor från åker till energi. Förstudie - sammanställning och syntes av kunskap och erfarenheter om grödor från åker till energiproduktion.* Rapport 1009. Värmeforsk, Stockholm.

Bernesson, S. & Nilsson, D. (2005). *Halm som energikälla - Översikt av existerande kunskap.* Rapport – miljö, teknik och lantbruk 2005:07. Institutionen för biometri och teknik, SLU Uppsala.

Eborn, M. (2007). *Det våras för hampan.*  
Artikel i ATL den 15 februari 2007  
<http://www.atl.nu/Article.jsp?article=39150>

Emgardsson, P. (2009) *Hampan vårskördas hembyggt.* Land Lantbruk, nr 25, sid 10-11.

Forsberg, M, Sundberg, M. & Westlin, H. (2006). *Småskalig brikettering av hampa – förstudie.* Rapport – Lantbruk & industri. Rapport 351, JTI, Uppsala.

Fløjgaard Kristensen, E. 2001. *Teknik til høst af miscanthus (elefantgræs) - Equipment for harvesting of miscanthus.* DJF rapport Markbrug nr. 55. Foulum, Danmark.

Hansson, I. (2005). *Skördemetoder för industrihampa.*  
Examensarbete inom Lantmästarprogrammet. SLU Alnarp.  
[http://ex-epsilon.slu.se/archive/00000768/01/2005\\_24.pdf](http://ex-epsilon.slu.se/archive/00000768/01/2005_24.pdf)

Huisman, W. (2003). *Optimising Harvesting and Storage Systems for Energy Crops in The Netherlands.* In: International conference on crop harvesting and processing, Louisville, Kentucky, 9-11 February 2003. - Louisville, Kentucky : ASAE, 2003

Humer, Manfred. (2009). Pers. medd. Maiden, Heiligenberg, Österrike.

Jonsson, Stina. (2009). Pers. medd. Gudhems Kungsgård, Falköping.

Knuttila, J. (2006). *Tio års erfarenhet av rörflen.* Åker Birka, Nr 1, januari 2006, Sidan 30-32

Liljenberg, Ronny. 2009. Pers. medd. Liljenbergs Maskinstation, Billinge, Höör.

Lindman, M. (2008) *Större hampaskörd med ny knivtrumma*  
<http://www.atl.nu/Article.jsp?article=46574&a=St%C3%B6rre>

Maskinkalkylgruppen (2007). *Maskinkostnader 2007. Underlag och kalkylexempel på timkostnader för lantbruksmaskiner.* LRF Konsult, Linköping; Hushållningssällskapet Malmöhus, Borgeby. 30 s.

Mayer, Albert. (2008). Pers. medd. Lauingen, Tyskland.

Nilsson J. & Olsson M. (2008) *Teknik för vårskörd av hampa till stråbränsle*. Examensarbete inom Lantmästarprogrammet. SLU Alnarp.  
[http://ex-epsilon.slu.se:8080/archive/00002729/01/Exjobb\\_epsilonversion\\_senaste.pdf](http://ex-epsilon.slu.se:8080/archive/00002729/01/Exjobb_epsilonversion_senaste.pdf)

Olsson, Ebba-Maria. 2009. Pers. medd. Mossagården, Veberöd, Lund.

Prade, T. (2007). Technical and economical aspects of winter harvest of industrial hemp  
Poster at NJF 23rd Congress, June 26-29, 2007, Copenhagen. Trends and Perspectives in Agriculture

SCB (2010) Trädbränsle- och torvpriser. Nr 2/2010. Sveriges officiella statistik. Statistiska meddelanden EN 0307 SM 1002.

Sjödahl, R. (2007). *Spill vid vårskörd av hampa*. Examensarbete inom Lantmästarprogrammet. SLU Alnarp.  
[http://ex-epsilon.slu.se/archive/00001770/01/820111\\_2007\\_50.pdf](http://ex-epsilon.slu.se/archive/00001770/01/820111_2007_50.pdf)

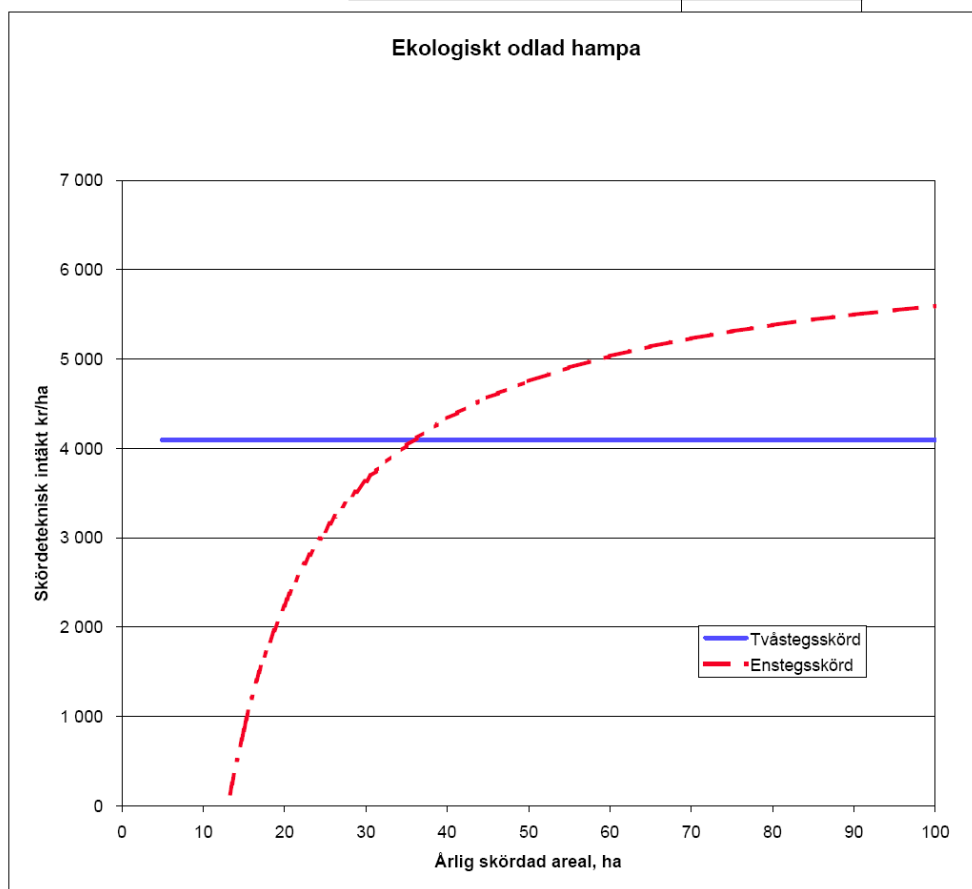
Svennerstedt, B. & Nilsson, M. (2006). *Skördeteknik för industrihampa – fältförsök i Skåne 2004-2006*. Partnerskap, Alnarp - projektrapport. Institutionen för Jordbrukets Biosystem och Teknologi. SLU Alnarp

Söderström, Y. 2010. *Logistik, komprimering och ekonomi angående hackad hampa*. Värmeforsk, Rapport 1134.

Xiong, S., Lötjönen, T., Knuutila, K. 2008. *Energiproduktion från rörflen: Handbok för el- och värmeproduktion*. SLU Biomassateknologi och kemi, Umeå.

## Bilaga 1 – Kalkylblad för beräkning av skördeteknisk intäkt vid vårskörd av hampa

	Resultat	Känslighetskalkyl
Hektarskörd HAMPA 6 000 kg/ha		
Avsalupris 1,50 Kr/kg		
Balvikt 500 Kg/bal		
<b>Tvästegsskörd</b>		
Strängläggare 800 kr/h		
Kapacitet strö 1,0 ha/h		
Balpress (inkl uttrp) 70 kr/bal		
Spill 40 %		
<b>Enstegsskörd</b>		
Majsbord 250 000 kr		
Ombyggnad 200 000 kr/h		
Livslängd 5 år		
Årlig användning 100 ha/h		
Ränta 5,00 %		
Restvärde 100 000 kr/h		
Större traktor merkostnad 200 kr/h		
Kapacitet 2,0 ha/h		
Balpress (inkl uttrp) 70 ha/bal		
Spill 20 %		
<b>Potentiellt skördevärde</b>	9 000 kr/ha	9 000 kr/ha
Antal balar	12 balar/ha	12 balar/ha
<b>Tvästegsskörd</b>		
Strängläggning	800 kr/ha	800 kr/ha
Pressning	504 kr/ha	504 kr/ha
Mängd spill	2 400 kg/ha	2 400 kg/ha
Antal skördade balar	7 balar/ha	7,2 balar/ha
Skördeteknisk intäkt	4 096 kr/ha	4 096 kr/ha
<b>Enstegsskörd</b>		0 %
Avskrivning o ränta	838 kr/ha	838 kr/ha
Traktor merkostnad	100 kr/ha	100 kr/ha
Pressning	672 kr/ha	672 kr/ha
Mängd spill	1 200 kg/ha	1 200 kg/ha
Antal skördade balar	10 balar/ha	10 balar/ha
Skördeteknisk intäkt	5 591 kr/ha	5 591 kr/ha
<b>Procentuell skillnad</b>	36%	36%
<b>Resultatförändring</b>	1 495 kr/ha	1 495 kr/ha
<b>Resultatförändring</b>	149 450 kr/år	149 450 kr/år



## Bilaga 2 - Känslighetsanalyser

Om någon av faktorerna ”Hektarskörd till Kapacitet” ökas med 20 % så medför det att den skördetekniska intäkten förändras antingen positivt eller negativt, se tabell 1 och 2. Om exempelvis hektarskörden ökar med 20 % så ökar den skördetekniska intäkten med 24-32 %, för hampa i konventionell odling, beroende på vilken skördemetod och hur stor den årliga användningen är för enstegsskördesystemet, se tabell 1.

**Tabell 1- konventionell odling**

Förändring	Tvåstegsskörd		Enstegsskörd	
	20 % vid antagen areal (100 ha)	20 % vid brytpunkt (50 ha)	20 % vid antagen areal (100 ha)	20 % vid brytpunkt (50 ha)
Hektarskörd	24	24	25	32
Avsalupris	30	30	31	39
Balvikt	5	5	5	6
Strängläggare	-4	-4		
Balpress	-6	-6	-6	-7
Spill	-16	-16	-3	-8
Majsbord			-1	-7
Ombyggnad			-2	-6
Livslängd			3	8
Ränta			-1	-2
Restvärde			1	2
Större traktor merkostnad			-1	-1
Kapacitet			1	1

Skillnaden i utfallet ligger inte i den årliga användningen, eftersom skillnaderna i resultatet vid 100 ha resp. 50 ha per år är marginella). Skördenivån och avsalupriset är de två absolut viktigaste faktorerna, inte bara för att de ger utrymme för stora investeringar, utan för hela lönsamheten av odlingen.

**Tabell 2 - ekologisk odling**

Förändring	Tvåstegsskörd		Enstegsskörd	
	20 % vid antagen areal (100 ha)	20 % vid brytpunkt (35 ha)	20 % vid antagen areal (100 ha)	20 % vid brytpunkt (35 ha)
Hektarskörd	24	24	23	32
Avsalupris	26	26	26	36
Balvikt	2	2	2	3
Strängläggare	-4	-4		
Balpress	-2	-2	-2	-3
Spill	-16	-16	-6	-8
Majsbord			-2	-8
Ombyggnad			-2	-6
Livslängd			2	8
Ränta			-0	-2
Restvärde			1	2
Större traktor merkostnad			-0	-0
Kapacitet			0	0

Skillnaden i utfallet ligger inte i den årliga användningen, eftersom skillnaderna vid 100 resp. 35 ha per år är marginella. Skördenivån och avsalupriset är även här de två absolut viktigaste faktorerna, inte bara för att de ger utrymme för stora investeringar, utan för hela lönsamheten av odlingen.



