



# Produktivitet och lönsamhet vid skörd av skogsbränsle i klen björkgallring

*Productivity and profitability in early bioenergy-thinning of birch*



**Anders Nilsson**

**Arbetsrapport 248 2009  
Examensarbete 30hp D  
Jägmästarprogrammet**

**Handledare:  
Tomas Nordfjell**

Sveriges lantbruksuniversitet  
Institutionen för skoglig resurshushållning  
S-901 83 UMEÅ  
[www.srh.slu.se](http://www.srh.slu.se)  
Tfn: 018-671000



ISSN 1401-1204  
ISRN SLU-SRG-AR-248-SE





# **Produktivitet och lönsamhet vid skörd av skogsbränsle i klen björkgallring**

*Productivity and profitability in early bioenergy-thinning of birch*

**Anders Nilsson**

Nyckelord: Bioenergi, flis, förstagallring, jämförande tidsstudie, massaved

Examensarbete i skogshushållning med inriktning mot skogsteknik, 30hp

Jägmästareprogrammet

EX0492

Handledare: Tomas Nordfjell, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, teknologi

Examinator: Ola Lindroos, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, teknologi

Kontakt på Gustafsborgs Säteri: skogsförvaltare Pär Bylund

Kontakt på Svea Skog: Avverkningsledare Benny Kjellsson

## Innehållsförteckning

Innehållsförteckning .....	2
Förord .....	3
Sammanfattning .....	4
Summary .....	5
1 Inledning .....	6
1.1 Bakgrund .....	6
1.2 Syfte .....	7
2 Material och metoder .....	8
2.1 Studiedesign .....	8
2.2 Systemanalys .....	11
3. Resultat .....	12
3.1 Gallringsuttag .....	12
3.2 Tidsstudie .....	13
3.3 Skador .....	15
3.4 Systemanalys .....	16
4. Diskussion .....	18
Referenslista .....	21
Muntliga referenser .....	22
Bilagor .....	23
Bilaga 1: formler .....	23

## **Förord**

Studien har delfinansierats av projekt ”Ökat utnyttjande av skoglig biomassa”, ett Botnia-Atlantica-projekt med gränsöverskridande samarbete över hav och fjäll som finansieras av EU genom Europeiska regionala utvecklingsfonden.

Ett speciellt stort tack till min handledare Tomas Nordfjell samt till Dan Bergström, som båda två var till stor hjälp under hela arbetets gång.

Tack till Pär Bylund på Gustafsborg Säteri, som var uppdragsgivare och ett stort stöd under studien.

Tack till Per-Ola Danielsson och Bengt Larsson, som ägde respektive körde maskinen under försöken.

Tack till mina föräldrar Eva och Arne för lån av bil och dator.

Anders Nilsson  
Halmstad 6 april 2009

## Sammanfattning

Syftet med studien var att jämföra produktiviteten vid avverkning i klen förstagallring av björk, där enbart skogsbränsle eller enbart massaved togs ut. Även avverkningssystemens lönsamhet jämfördes när skotning och sönderdelning inkluderades. En Gremo 950 HPVR skördare användes och föraren var densamma under hela försöket. Under massavedsskörden användes ett Logmax 4000b engreppsskördareaggregat och för biobränsleskörden användes ett ackumulerande Silvatec fällar-läggareaggregat. Beståndet där sex parceller lades ut var ett björkdominerat bestånd utanför Ängelholm i Skåne. Beståndstäthet och stående volym var 2887 träd/ha respektive 131 m<sup>3</sup>sk/ha. Brösthöjdsdiameter och trädhöjd var 9,4 cm respektive 11,0 meter. Det skördades 36,1 ton torrsubstans (TS) biobränsle per hektar eller 32,2 m<sup>3</sup>fub massaved per hektar. Vid skörd av biobränsle blev uttaget 54,8 % högre än vid uttag av massaved beräknat som ton TS/ha. Tidsåtgången var 7,0 tim/ha för skördaren under biobränsleskörden och 11,3 tim/ha under massavedsskörden, vilket motsvarade en produktivitet på 5,2 respektive 1,4 ton TS/G<sub>0</sub>-timme. Andel skadade träd i kvarvarande bestånd var 5 % för biobränslemetoden och 8,7 % för massavedsmetoden, men skillnaden var inte signifikant mellan metoderna. Nettot när skotning och sönderdelning inkluderades blev 5303 kr/ha för biobränsleskörden. Motsvarande siffra för massavedsskörden inklusive utskotning blev ett negativt netto på -518 kr/ha.

Nyckelord: Bioenergi, flis, förstagallring, jämförande tidsstudie, massaved

## Summary

The aim of the study was to compare productivity in first thinning of birch stands, when either energy- or pulpwood was harvested. The systems total profitability was also compared by including forwarding and chipping costs. A Gremo 950 HPVR harvester was used and the same driver was used under the entire study. During the pulpwood harvest a Logmax 4000b harvester head was used and a feller buncher head made by Silvatec was used during the energy wood harvest. Six study unit pairs were located in a birch dominated stand outside Ängelholm in Skåne. The stand contained 2887 trees/ha, and measured 9,4 cm at breast height diameter and 11,0 m in height. The standing volume before harvest was 131 m<sup>3</sup>/ha. The harvest of energy wood was 36.1 tons dry matter (DM) per ha. The pulpwood harvest was 32.2 m<sup>3</sup> per ha. The harvest of energy wood was 54.8 % larger per ha than the harvest of pulpwood calculated as ton DM per ha. The time consumption per ha was for the energy wood method 7.0 E<sub>0</sub>- hour per ha, and for the pulpwood method 11.3 E<sub>0</sub>- hour per ha. This gave a productivity of 5.2 ton DM/ E<sub>0</sub>- hour or 1.4 ton DM/ E<sub>0</sub>- hour respectively. The number of damaged trees in the remaining stand was 5 % in the energy wood method and 8.7 % in the pulpwood method. There was not a significant different between the methods. The net yield, including chipping and forwarding was included was 5303 SEK per ha for the energy wood system and -518 SEK per ha for the pulpwood system.

Keywords: Biofuel, comparative time study, first thinning, pulpwood, wood chip

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Då Sveriges oljeberoende, enligt regeringens vision, ska vara borta år 2020 kommer biobränsle att vara en betydande energikälla i framtiden (Persson 2006). Den totala energitillförseln i Sverige år 2006 var 498 TWh varav 116 TWh (23 %) utgjordes av biobränslen, torv och avfall (Korsfeldt 2007). I jämförelse med övriga Europa är andelen biobränslen hög i Sverige (Anon 2008). Allt brännbart biologiskt material räknas till biobränslen varav skogsbränslen utgörs av t.ex. brännved, skogsflis, bark, sågspån och energiskog. Förädlade former av skogsbränslen är t.ex. pellets, etanol och biogas (Korsfeldt 2007). Sveriges skogars potential för att producera biobränsle är hög och flera bedömningar visar att vid år 2020 kan energipotentialen från skogen vara mellan 61 och 132 TWh (Korsfeldt 2007).

Det primära bränslesortiment från skogsbruket utgörs av avverkningsrester i form av grenar och toppar (GROT) (Korsfeldt 2007). Uttagen görs framförallt i samband med slutavverkningar, men förekommer även vid gallringar (Anon 1994). Stubbar från gallringar och slutavverkningar är ett skogsbränslesortiment med stor potential, men dagens stubbskörd sker nästan uteslutande i försöksverksamhet (Korsfeldt 2007). Uttag av biomassa från skogsekosystem innebär att organiskt material och näringsämnen bortförs, som annars skulle ha tillförts marken (Larsson 1998). Detta kan leda till att skogsmarkens bördighet sänks, framför allt om flertalet uttag upprepas.

I dagsläget expanderar biobränslemarknaden vilket innebär att nya sätt att inskaffa biobränsle är av intresse. Ett sätt är att i förstagallringar skörda helträd istället för att, som normalt, ta ut rundvirke i form av massaved och timmer. Detta alternativ har visat sig vara konkurrenskraftigt i jämförelse med konventionell gallring där rundvirke tas ut i klena bestånd (Brunberg et al. 1998, Liss 2004).

Vid konventionell förstagallring av rundvirke används i huvudsak engreppsskördare med efterföljande skotare som transporterar ut virket till bilväg (Andersson 2004). Detta system har varit det dominerande sedan introduktionen på 90-talet och ekonomin för gallringar har förbättrats drastiskt för skogsägaren (Wallentin 2007). Det förekommer även i viss utsträckning att skördaraggregat ackumulerar ett antal träd för att kvista dem samtidigt (Liss 2004). På detta sett minskas upparbetningstiden och produktiviteten ökar. Nackdelen är att de enskilda massavedsbitarna blir sämre kvistade. Det normala vid gallring är att ingen GROT tas tillvara (Korsfeldt 2007). Vid gallring där biobränsle skördas används oftast en engreppsskördare som basmaskin utrustad med ett ackumulerande aggregat som faller och lägger träden i buntar utan att träden kvistas (Liss 2004). Den stora fördelen med detta system är att man använder sig av en väl utvecklad basmaskin och man kan byta aggregat relativt lätt om arbete ej finns med biobränsleskörd hela året. Produktiviteten vid skörd är starkt beroende av den avverkade medelstammens diameter (Bergström et al. 2007). Antalet träd som ackumuleras per krancykel har stor inverkan på produktiviteten (Johansson & Gullberg 2002). Om två träd ackumuleras per krancykel istället för att inte ackumulera alls minskade tidsåtgången med 38 % (Johansson & Gullberg 2002). Ett annat maskinsystem är en typ av klippdrivare (Dahl 2008). Denna maskin har en skotare som basmaskin och ett ackumulerande fällaggregat i kranen. Fördelen med aggregatet är att det kan användas som en vanlig grip. Denna typ av system är mest lämpade för t.ex.



dikesrensning och hagmarksrensning (Dahl 2008). Fördelen med maskinsystemet är att maskinen kan användas som en vanlig skotare när arbete som klippdrivare ej finns. Maskinsystemet är ej lämpat för beståndsgallring, då produktiviteten är låg. När skogsbränslet är skördat säljs det som antingen stamdelar eller flis till framförallt värmeverk.

Sönderdelningen kan ske i beståndet, på upplagsplats i skogen eller direkt hos köparen (Lehtikangas 1999). Sönderdelningen sker med hjälp av flishugg eller kross. När sönderdelat material lagras startar en nedbrytningsprocess av svampar och mikroorganismer. I samband med detta bildas värme (Lehtikangas 1999). Denna värme hjälper till att avdunsta fukt men bidrar även till substansförluster. Under försök har man studerat substansförluster och energiförluster vid lagring av kompakterad flis under månaderna juni till januari, då substansförlusterna respektive energiförlusterna var 12 % (Lehtikangas 1999).

Då allt pekar på att biobränsleanvändningen kommer öka i framtiden ställs även krav på hur biomassan skall skördas på ett så lönsamt sätt som möjligt. Då priset på biobränsle är relativt högt kommer nya metoder för skörd att utvecklas. Då få studier på klens björkgallringar är utförda, fick jag uppslaget tillsammans med värdforetaget att genomföra en studie som riktar in sig på produktivitet och lönsamheten i dessa.

## ***1.2 Syfte***

Syftet var att mäta och jämföra produktiviteten vid avverkningsarbete och andelen uppkomna stamskador på kvarvarande träd för två avverkningsmetoder i förstagallring: 1) uttag av endast massaved och 2) uttag av helträd som biobränsle. Syftet var också att jämföra drivningssystemens lönsamhet när även skotning och sönderdelning inkluderats.

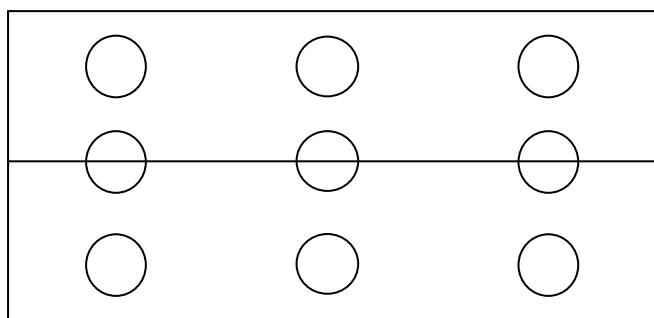
## 2 Material och metoder

### 2.1 Studiedesign

Studien omfattade en tidsstudie, en skadeinventering och en systemanalys. Försökslokalen var på Sveaskogs marker utanför Ängelholm, Skåne län (x 6238663 y 1316241 (WGS 84)) där trädslagsblandningen till antalet utgjordes av 93,3% björk (*Betula ssp*) och 6,7 % gran (*Picea abies*). Markvegetationstypen var av smalbladig grästyp (Hägglund & Lundmark 1999).

För studien inmättes 12 stycken parceller med varierande medelstam och stamtäthet (tabell 1). Storleken på parcellerna valdes så att arbetstiden per parcell för skördaren skulle uppgå till 30-60 min körning. Detta eftersträvades för att säkerställa att tillräckligt många upprepningar av krancykler insamlades för statistiska beräkningar. För detta sattes parcelllängden till 50 meter och bredden till 20 meter (kranlängd 10 meter). Vid inmätning av parceller blev sju stycken ytor 50x20 m och på grund av utrymmesskäl blev fem ytor 40x20 m. Stickvägscentrum och start/stopp punkter markerades ut i respektive parcell.

För karaktärisering av varje parcell lades nio stycken cirkelprovytor ut med en radie på tre meter (28,3 m<sup>2</sup>) (figur 1). I varje cirkelprovyta inventerades trädslag, brösthöjdsdiameter (Dbh), stubbskärsdiameter, höjd och GYL. För samtliga parceller mättes grund-, yt- och lutningsförhållanden (GYL) till 111, vilket betyder att förhållandena var mycket goda. För inmätning av Dbh, stubbskärsdiameter och höjd inom varje parcell utsågs cirka 20 provträd (Holm, 2008). I de stamtätaste parcellerna mättes vart femte träd och i de lite mindre stamtäta parcellerna mättes vart fjärde träd. Stubbskärsdiameter mättes 12 centimeter från marken. Totalt inmättes 195 björkar och 13 granar som provträd. Utifrån provträden i respektive parcell beräknades medeltalet för höjden och Dbh. Provträden användes för att få fram sekundära funktioner för höjd och Dbh (bilaga 1).



Figur 1. Schematisk bild över en parcell (50x20 meter) med 9 utlagda provvytor a` 28,3 m<sup>2</sup>. Centrallinjen avser stickvägscentrum.

*Figure 1. Schematic picture over a study unit (50x20 meter) with 9 test plots. The center line refers to the strip road center.*

Trädens stamvolym (m<sup>3</sup>sk) beräknades med hjälp av S-O Anderssons (1954) funktioner (Dbh ≤ 5 cm) samt Näslunds (1962) mindre funktioner (Dbh > 5 cm). För beräkning av de hela trädens torra biomassa (kg TS) användes Marklunds (1988) funktioner (bilaga 1).

De mest lika parcellerna parades utifrån stamantal och brösthöjdsdiameter. Tilldelning av skördemetod och ordningsföljd inom paren skedde genom randomisering. Vid statistisk analys påvisades ingen skillnad mellan parcellerna i respektive par (tabell 1).

Tabell 1. Beståndskaraktäristik och parning av parceller för tidsstudien (signifikanta skillnader om  $p \leq 0,05$ )

Table 1. Stand characteristics before thinning (significant differences if  $p \leq 0,05$ )

Parcell-par	Behandling	Dbh (cm)	Beståndstäthet (träd/ha)	Grundyta (m <sup>2</sup> /ha)	Höjd (m)	Stående volym (m <sup>3</sup> sk/ha)	Volym medelstam (m <sup>3</sup> fub)
1	B*	10,7	2670	26,5	11,5	158	0,06
	M**	11,1	2320	25,8	11,9	159	0,07
2	B	9,4	2950	22,6	11,1	132	0,05
	M	8,9	3110	21,7	11,0	127	0,04
3	B	9,5	2560	20,6	11,1	122	0,05
	M	9,9	2710	22,6	11,1	130	0,05
4	B	9,4	3110	23,3	11,0	134	0,04
	M	9,5	3460	29,0	10,9	171	0,05
5	B	8,4	3150	19,4	10,6	111	0,04
	M	8,5	3030	18,8	10,5	106	0,03
6	B	8,3	2870	17,9	10,5	103	0,04
	M	9,3	2710	20,2	11,3	119	0,04
	Medel B	9,3	2885	21,7	11,0	127	0,04
	Medel M	9,5	2890	23,0	11,1	135	0,05
	p-värde	0,27	0,96	0,28	0,36	0,24	0,27

\*Biobränsle, \*\*Massaved

För de två avverkningsmetoderna nyttjades en skördare av märket Gremo 950 HPVR, årsmodell 2004 som basmaskin. Maskinen vägde 13970 kg, hade 8 hjul och var 2,6 m bred (600 mm däck). Kranen var 10 m lång (Loglift 181 V). Vid skörd av massaved användes ett konventionellt skördareaggregat av märke Logmax 4000B med en massa på 625 kg. För skörd av helträd/biobränsle användes ett ackumulerande fällar-läggare aggregat av märket Silvatec, årsmodell 2008, som vägde 480 kg. För båda skördemetoderna användes en och samma förare. Han hade sex års erfarenhet av gallring och hade tidigare kört en liknande basmaskin. Erfarenhet av Silvatecaggregatet fanns sedan tre månader, men föraren hade ingen erfarenhet av Logmaxaggregatet. Dock fanns erfarenhet av ett likadant aggregat. Arbetsordern till maskinföraren, för båda skördemetoder, var att gallringen skulle ske underifrån. Det innebar att de klenaste stammarna gallrades bort och att det efter gallring skulle vara 1400 huvudstammar per ha kvar i beståndet. Stickvägsbredden skulle vara cirka 4 meter och björk skulle vara det dominerande trädslaget efter gallring. Maskinföraren valde fritt vilka träd som skulle avverkas. Efter skörd inventerades varje parcell med två stycken rektangulära provytor på 100 m<sup>2</sup> (5x20 m). Provytornas mitt var 12,5, 25 och 37,5 meter från parcellens början. I provytan inventerades Dbh, trädslag och stickvägsbredd. Det gjordes även en skadeinventering. Skadorna registrerades i två klasser (över och under 15 cm<sup>2</sup>). Om skadan var i stickvägskant eller i beståndet registrerades.

Arbetsmetodik för skörd av massaved: Träd som inte bedömdes ge massaved fälldes och släpptes i beståndet (drogs ej ut till stickväg), grenar och toppar lades i stickvägen och kördes över för att öka bärigheten. Detta innebar att träd som var på vänster sida om

maskinen drogs över stickvägen för att upparbetas och läggas på höger sida om stickvägen och vice versa. Massaveden apterades i fyrameterslängder med tillåten längddifferens på  $\pm$  30 cm och en minsta toppdiameter på fem cm under bark. Ingen GROT togs tillvara. Arbetsmetodiken för skörd av helträd/biobränsle: Alla avverkade träd lades i högar vid stickvägskant med rotändan mot stickväg (vinkelrätt mot stickvägen). För båda arbetsmetoder avverkades träden i stickvägen först och därefter gallring i beståndet ut till full kranlängd.

Tidsstudien utfördes som en frekvensstudie. Arbetsmomenten indelades enligt Backs (2007) indelning och gällande arbetsmoment registrerades var sjunde sekund (tabell 2). Om momenten överlappade varandra registrerades det moment med högst prioritet (tabell 2). Tidsstudien började när kran/maskin passerade startpunkten och avslutades när sista träd i parcellen var avverkat eller när föraren signalerade att han var klar med parcellen. Totaltiden för varje parcell mättes separat. För tidsangivelsen var sjunde sekund användes en metronom av märket Korg MA-30, vilken gav en tydlig ljudsignal var sjunde sekund. Antalet träd som ackumulerades i varje krancykel under biobränsleskörden noterades under frekvensstudien.

Tabell 2. Indelning av studerade arbetsmoment, dess gränser och prioritetsordning  
*Table 2. The definition and hierarchy of the machine work elements*

<b>Arbetsmoment</b>	<b>Momentgränser</b>	<b>Prioritet</b>
Kran ut tom	Från att högarna/virket läggs på marken tills ny stam omslutit.	1
Kran in lastad	Från att sista trädet har avskiljts tills aggregatet lagt högarna på marken eller när upparbetningen startar, inklusive tillrättaläggning	1
Avskiljning och kranrörelse under ackumuleringsfasen	Från första stammen omslutits helt tills det sista trädet avskiljts (inklusive kranens rörelse till de andra träden under ackumuleringsfasen)	1
Upparbetning*	Börjar då skördareaggregatet börjar med upparbetning, slutar när sista biten lämnat aggregatet.	1
Ompositionering tom kran	Börjar då kranen körs utan gagnvirke i aggregatet. Slutar när något annat moment påbörjas.	2
Störning	När träd tappas och plockades upp igen eller losskapning av rotklumpar	2
Övrig verktid	När föraren rekognoserade från hytten samt manuellt arbete t.ex. omflyttning virke/högar eller kedjebyten.	2
Avbrott	Störningar som ej ingick i verktiden (telefonsamtal, maskinfel mm.)	3

\*Gäller enbart vid skörd av massaved

Tidsstudien genomfördes mellan den 22 och 25 september 2008. Löven på träden hade precis börjat gulna, men satt fortfarande kvar i trädkronorna. Det var uppehållsväder och 8-11 °C varmt. Samtliga parceller för studien gallrades från öster till väster och under studien upplevdes inga siktproblem, exempelvis på grund av solinstrålning. Den 22 september ägnades åt att kalibrerar in förare, maskin och aggregat. För detta fanns det en övningsparcell på 80x20 meter som gallrades samt att alla basvägar mellan parcellerna kördes upp. Träningen varade mellan klockan 07.00 och 16.00. Då föraren hade minst erfarenhet av Logmax-aggregat för skörd av massaved ägnades hela träningen till denna metod. Den 23 september mellan klockan 07.00 och 17.00 avverkades parcellerna 5, 3, 4 och 7. Den 24 september mellan klockan 07.00 och 10.00 avverkades parcellerna 9 och 10. Den 25 september mellan klockan 07.00 och 17.00 avverkades parcellerna 1, 2, 6, 11, 8 och 12. Kortare avbrott uppkom på grund av två slangbrott/läckor, kedjehaveri och att de ackumulerande armarna krånglade under en halv parcell (parcell 11).

Samtliga avverkade träd i biobränsleparcellerna skotades ut till avlägg. Vid avlägg flisades materialet direkt ner i flismaskinens egna container. Materialet transporterades sedan ut till bilväg där det tömdes i lastbilscontainern för att sedan köras till Öresundskrafts värmeverk i Ängelholm. Materialet från parcellerna och senare även det flisade materialet hölls isär under hela studien. För biobränslet erhöles volym ( $m^3s$ ), vikt, fukthalt och värmevärde från värmeverkets volym- och kvalitetsrapport. För denna bestämning togs tre femliters stickprov från varje containers översida enligt SS187113 (Anon 1998) för provtagning med skopa. Massavedens volym ( $m^3f_{pb}$ ) beräknades som en cylinder genom att alla massavedsbitar diametermättes på mitten (på bark) och längdmättes. För beräkning av volymen under bark ( $m^3f_{ub}$ ) gjordes ett barkavdrag på 18 % av volymen på bark (Anon 1994).

## 2.2 Systemanalys

Skogsägarens intäkt vid uttag av bränslesortiment (skogsflis) och massaved beräknades utifrån aktuellt pris på skogsflis och massaved som tillhandahölls av Gustafsborgs Säteri (september 2008). Priset på björkmassaved som markägaren erbjöds vid bilväg var 330 kr/ $m^3f_{ub}$  och priset för biobränslet var 123 kr/MWh (flisat och lastat material i containers vid bilväg). Arbetstiden för skördare erhöles från frekvensstudien. Uträkning av skotningsproduktivitet för massaved gjordes med hjälp data från Brunberg (2004). Medelproduktiviteten för massavedsskotningen beräknades till 15,6  $m^3f_{ub}/G_0$ -timme. Skotningskostnader för biobränslesortimentet baserades på produktivetsdata från Laitila et al. (2007) studie. Medelproduktiviteten för biobränsleskotningen beräknades till 14,2  $m^3f/G_0$ -timme. Omräkningstalet för  $G_0$ -timme till  $G_{15}$ -timme sattes till 8 % (Prod per  $G_{15}$ -timme = Prod per  $G_0$ -timme/1,08) (Brunberg 2008, pers. med.). Kostnad för skotaren sattes till 600 kr/  $G_{15}$ -timme och för skördaren 800 kr/  $G_{15}$ -timme. En flisningskostnad på 40 kr/ $m^3s$  erhöles från Gustafsborgs säteri och gällde stamdelar. Skördareproduktionen och kostnaderna beräknades på de inmätta värdena. För omräkning mellan ton TS till  $m^3f$  användes 2,6 (1  $m^3f$  = 1 ton TS x 2,6), mellan  $m^3f_{ub}$  och ton TS användes 0,49 (1 ton TS = 1  $m^3f_{ub}$  x 0,49) (Anon 1994).

Samtliga beräkningar utfördes i Excel 2007 och statistiska analyser utfördes i Minitab 15. Variansanalys genomfördes med General Linear Model (envägsanova) och 5 % användes som gräns för signifikanta skillnader.

### 3. Resultat

#### 3.1 Gallringsuttag

Antal stammar/ha efter gallring var i medeltal 1475 stycken. I genomsnitt för alla parceller motsvarade gallringsuttaget 44,6 % av antal träd före gallring (tabell 3).

Trädslagsblandning efter gallring var 99,3 % björk och 0,7 % gran. De parametrar som signifikant skiljde behandlingarna åt var stående volym och grundyta. Det betyder att bestånden inte såg likadana ut efter skörd för de två behandlingarna.

Tabell 3. Parcellernas karaktäristik efter gallring (signifikanta skillnader om  $p \leq 0,05$ )

Table 3. Stand characteristics after thinning (significant differences if  $p \leq 0,05$ )

Par-cell-par	Be-hand-ling	Dbh (cm)	Bestånds-täthet (träd/ha)	Grund-yta (m <sup>2</sup> /ha)	Höjd (m)	Stående volym (m <sup>3</sup> sk/ha)	Medel-stam (m <sup>3</sup> fub)	Differens medelstam före och efter (m <sup>3</sup> fub)	Stick-vägs-bredd (m)
1	B*	12,0	1200	14,9	12,3	92,6	0,08	+0,02	3,9
	M**	11,2	1200	13,5	12,1	83,8	0,07	0,00	4,2
2	B	9,4	1950	15,2	11,4	90,5	0,05	0,00	3,9
	M	10,4	1500	14,6	11,8	89,0	0,06	+0,02	4,1
3	B	11,9	1200	15,2	12,4	95,0	0,08	+0,03	4,2
	M	10,5	1200	11,0	12,0	66,8	0,06	+0,01	4,1
4	B	9,2	1800	13,1	11,3	77,2	0,04	0,00	4,2
	M	9,2	1650	12,2	11,3	72,0	0,04	-0,01	3,9
5	B	8,0	2150	12,3	10,5	70,4	0,03	-0,01	4,6
	M	8,1	1750	9,8	10,4	55,3	0,03	0,00	3,7
6	B	8,9	1650	10,9	11,0	63,0	0,04	0,00	4,2
	M	8,2	1800	10,4	10,7	59,2	0,03	-0,01	4,2
Medel B		9,9	1658	13,7	11,5	81,4	0,05	0,007	4,1
Medel M		9,6	1516	11,9	11,4	71,0	0,05	0,002	4,0
p-värde		0,4	0,20	<b>0,04</b>	0,50	<b>0,05</b>	0,29	0,29	0,54

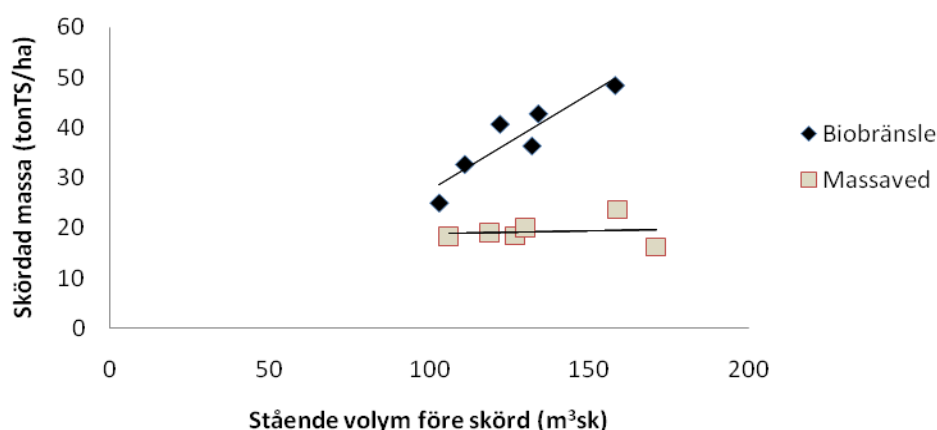
\*Biobränsle, \*\*Massaved

Leveransen av biobränsle i form av flis till värmeverket uppgick totalt till 95 m<sup>3</sup>s, vägde 30,6 ton och hade en genomsnittlig fukthalt på 38,7 %. Detta motsvarade i genomsnitt 58,6 råton/ha eller 36 ton TS/ha (tabell 4). I det inmätta värdet ingick inte spill som uppkom under utskotning och sönderdelning. Spillet uppskattades vara mycket lågt. Enligt beräkningar grundade på biomassafunktioner avverkades i medeltal 35,7 ton TS/ha.

**Tabell 4. Skörd från de sex bibränsleparcellerna**  
**Table 4. Harvest from the six energy wood study units**

Parcell- par	Inmätt massa (råton/ha)	Volym (m <sup>3</sup> s/ha)	Fukthalt (%)	Värmevärde (MWh/råton)
1	61,5	225	34,5	3,0
2	57,8	160	37,1	3,0
3	65,2	180	37,8	3,0
4	72,0	225	40,7	2,8
5	50,8	162	35,6	3,1
6	44,3	150	43,5	2,7
Medel	58,6	184	38,7	2,9

Totalt för de 6 parcellerna där massaved producerades mättes 868 stycken massavedsbitar fördelat på 86,4 % björk, 12,7 % gran och 0,9 % övriga trädslag. Av de inmätta massavedsbitarna var 89 % inom längden 3,7 meter till 4,3 meter, som är den längd virket får ha vid leverans av fyrameters massaved. Medelvolymen uttagen massaved var 32,3 m<sup>3</sup>fub/ha (tabell 5). I genomsnitt blev skörden 54,8 % högre vid bibränsleskörd än massavedsskörd beräknat som mängd ton TS/ha. Uttaget av bibränsle var starkt kopplat till hur stor volym som beståndet hade innan gallring. Någon liknade samband kunde inte iaktas för massavedsskörden (figur 2).



Figur 2. Skördad massa som funktion av stående volym före skörd  
 Figure 2. Amount of biomass harvested as a function of the standing volume before harvest

### 3.2 Tidsstudie

Den totala tid som maskinsystemen studerades var 6 timmar och 30 minuter för massavedsskörden och 3 timmar och 39 minuter för bibränsleskörden. Medeltiden per ha för massavedsskörden var 11,5 timmar och för biobränsle 7,0 timmar (tabell 5). Produktiviteten räknat som tillvaratagen biomassa (ton/TS) per timme var för biobränsleskörden mer än 3,5 gånger högre än för massavedsskörden (figur 3) Medelproduktiviteten för massavedsskörden var 2,9 m<sup>3</sup>fub/G<sub>0</sub>- timme och för biobränsle skörden var den 13,4 m<sup>3</sup>f biomassa/ G<sub>0</sub>- timme. För båda metoderna påverkade medelstammen (m<sup>3</sup>fub) produktiviteten (figur 4). För båda metoderna var momenten som innefattar kranarbete de stora posterna av totaltiden (figur 5). Vid massavedsskörd upptog

kranrörelser 52,5 % av arbetstiden. Motsvarande tidsandel vid bibränsleskörd var ca 10 procentenheter lägre. Vid massavedsskörd upptog avskiljning och upparbetning 31,5 % av arbetstiden. Motsvarande tidsandel vid bibränsleskörd var ca 9 % (figur 5).

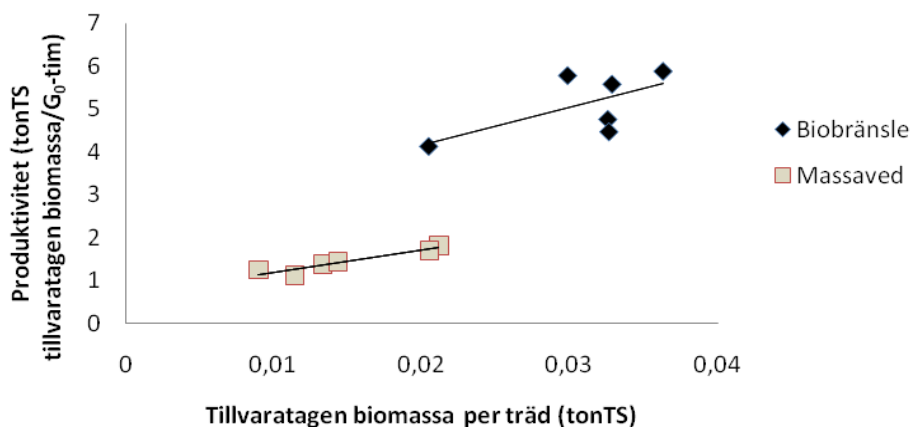
Ompositionering av basmaskin upptog ca 11 % av arbetstiden för båda metoderna (figur 5). Under bibränsleskörden användes den ackumulerande funktionen i 40 % av krancyklerna. I 60 % av krancyklerna lades endast ett träd åt gången vid stickvägskant. I genomsnitt avverkades 175 träd per G<sub>0</sub>-timme under bibränsleskörden.

Tabell 5. Medelvärde för skördade volymer och produktivitet. Inom parentes max - min värden. (signifikanta skillnader om  $p \leq 0,05$ )

Table 5. Harvested volumes and productivity. Within the parenthesis max and min values (significant differences if  $p \leq 0,05$ )

	Bibränsle	Massaved	P-värde
Skördad massa (ton TS/ha)	36,1 (42,7-25,0)	15,8 (19,3-13,3)	0,001
Tidsåtgång (G <sub>0</sub> - tim/ha)	7,0 (9,0-6,0)	11,0 (13,5-9,2)	0,02
Produktivitet (ton TS/G <sub>0</sub> -tim)	5,2 (5,8-4,1)	1,4 (1,8-1,1)	0,00
Merskörd bibränsle (ton TS/ha)	20,2 (29,4-9,3)	-	-
Skördad volym (m <sup>3</sup> fub/ha)	93,9* (111,0-65,0)	32,2 (39,6-27,1)	-
Produktivitet (m <sup>3</sup> fub/G <sub>0</sub> -tim)	13,4* (15,9-9,3)	2,9 (3,6-2,5)	-

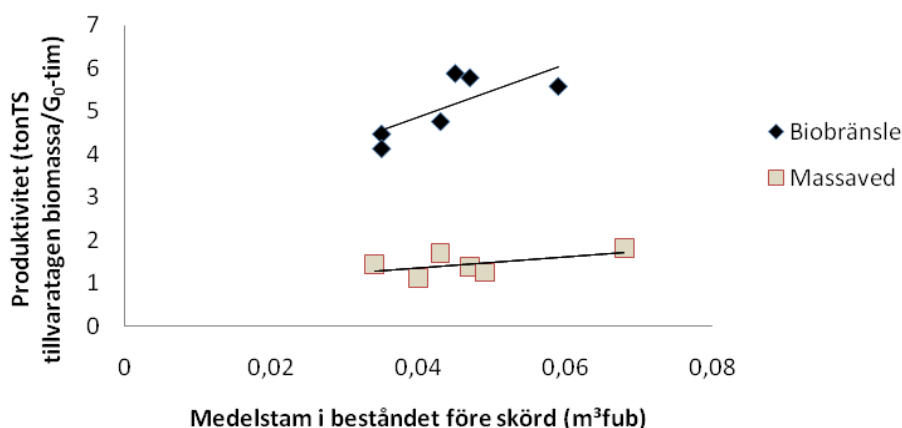
\*m<sup>3</sup>f biomassa



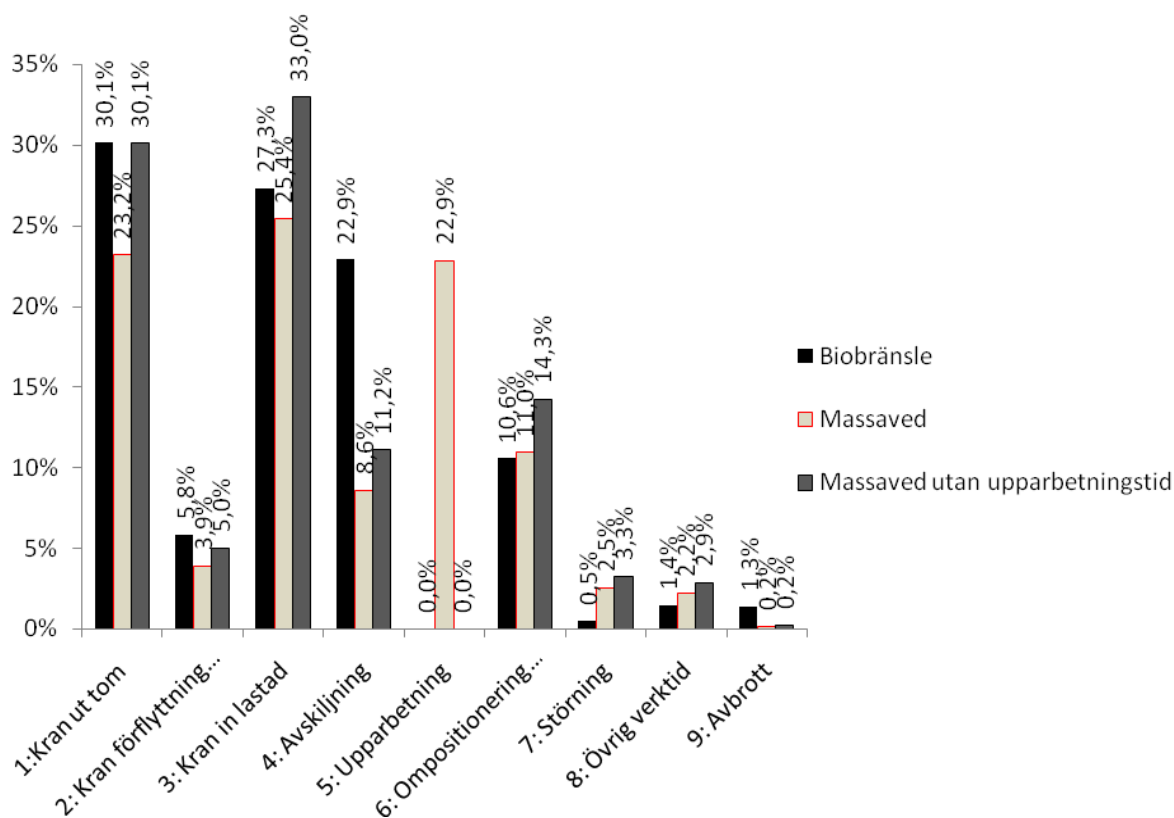
Figur 3. Produktivitet som funktion av tillvaratagen biomassa per träd

Figure 3. Productivity as a function of biomass per harvested tree





Figur 4. Produktiviteten som funktion av medelstam i beståndet före skörd  
 Figure 4. Productivity as a function of mean stem volume in the stand before harvest



Figur 5. Arbetstidens relativa fördelning på arbetsmoment.  
 Figure 5. Relative distribution of work time over work elements.

### 3.3 Skador

För biobränslemetoden hade 5 % av kvarvarande träd skador. För massavedsmetoden var 8,5 % av de kvarvarande träden skadade (tabell 6). Metoderna skiljde sig inte signifikant åt. En nästan signifikant skillnad mellan metoderna var att för massavedsmetoden var skadorna i högre utsträckning inne i beståndet och i den större klassen (>15 cm<sup>2</sup>)

Tabell 6. Skador på kvarvarande bestånd (signifikanta skillnader om  $p \leq 0,05$ )

Table 6. Stem damages on remaining stand (significant differences if  $p \leq 0,05$ )

	Biobränsle	Massaved	P-värde
Skador i stickvägskant <15 cm <sup>2</sup> (%)	1,5	0,5	0,25
Skador i stickvägskant >15 cm <sup>2</sup> (%)	0,5	1,6	0,15
Skador i bestånd <15 cm <sup>2</sup> (%)	2,0	2,1	0,83
Skador i bestånd >15 cm <sup>2</sup> (%)	1,0	4,3	0,08
Totalt (%)	5	8,5	0,27

### 3.4 Systemanalys

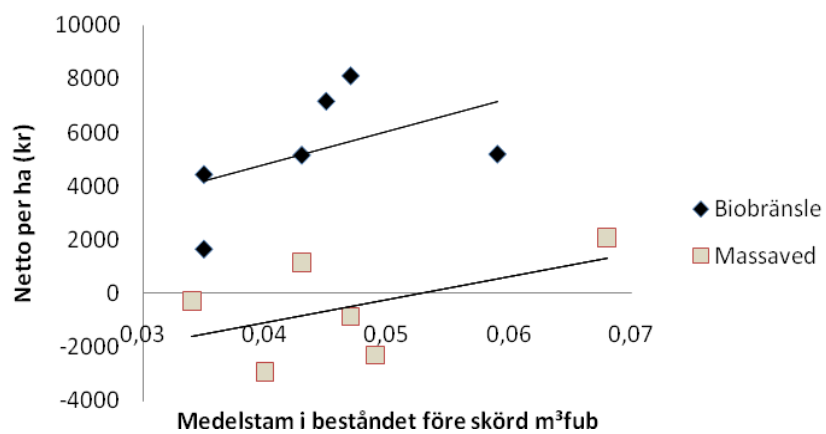
Intäkterna för biobränsle var i medeltal ca dubbelt så höga per ha än för massaveden (tabell 7). Medelnettot per ha var för biobränslemetoden 5303 kr/ha när utskotningen och sönderdelningen inkluderats. För massavedsmetoden var nettot negativt med -518 kr/ha när skotningen var inkluderad. Den mycket högre produktiviteten under biobränsleskörden visade sig i lägre kostnader för skördaren. För båda metoderna fanns en tydlig trend att lönsamheten ökade vid grövre medelstam (figur 6).

Tabell 7. Lönsamhet (kr/ha) vid 100 m skotning enkelväg

Table 7. Profitability (SEK/ha) with 100 meters forwarding distance one way

Parcell-par	Behandling	Uttag (m <sup>3</sup> fub/ha)	Uttag (råton/ha)	Intäkt (kr/ha)	Kostnad Skörd (kr/ha)	Kostnad skotning (kr/ha)	Kostnad Flisning (kr/ha)	Netto (kr/ha)
1	B*		61,5	22694	5962	2522	9000	5210
	M**	39,6	-	13068	9245	1722	-	2101
2	B		57,8	21328	5357	2386	6400	7186
	M	30,8	-	10164	11664	1426	-	-2936
3	B		65,2	24059	6048	2674	7200	8137
	M	32,8	-	10824	10195	1486	-	-858
4	B		72,0	24797	7690	2934	9000	5173
	M	27,1	-	8943	9936	1277	-	-2303
5	B		50,8	19370	6307	2110	6500	4453
	M	30,7	-	10131	8986	1421	-	-276
6	B		44,3	14712	5184	1864	6000	1664
	M	32,0	-	10560	7949	1460	-	1151
	Medel B	-	58,6	21159	6091	2415	7350	5303
	(sd)	-	(10,0)	(3709)	(892)	(386)	(1335)	(2261)
	Medel M	32,2	-	10609	9662	1465	-	- 518
	(sd)	(4,13)	-	(1363)	(1259)	(145)	-	(1939)

\*Biobränsle, \*\*Massaved



Figur 6. Nettot per hektar som en funktion av medelstam  
 Figure 6. Net income per hectare as a function of mean stem volume

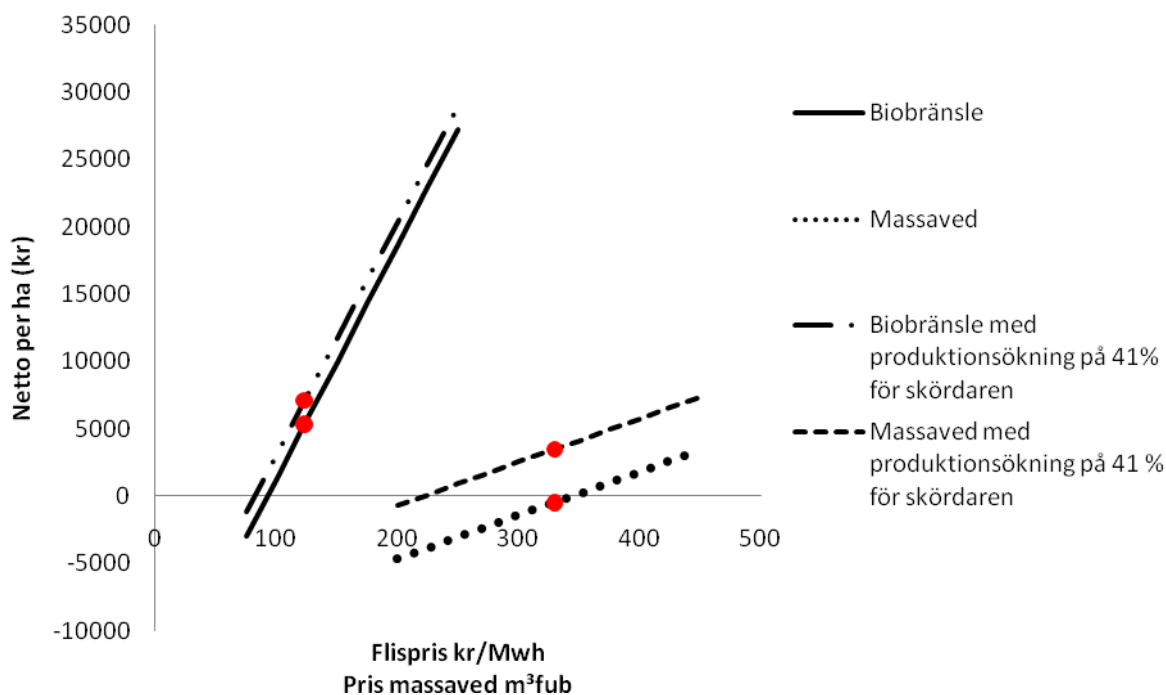
## 4. Diskussion

Vid jämförande studier är det viktigt att förhållandena är lika för det som studeras. Vid studier av skogsmaskiner finns det oftast någon form av ”brus” (Bergstrand 1987). ”Brus” innebär sådana faktorer som kan spela en stor roll för resultatet men som man inte säkert kan styra över i sina försök, som till exempel väderomslag, terränghinder och underväxt. För att på bästa sett undvika ”bruset” används tre strategier när arbetet planeras:

1. Konstanthållning, vilket innebär att de faktorer som inte ska varieras i försöket i så stor utsträckning som möjligt hålls konstanta genom hela försöket, som till exempel markförhållanden. För studien valdes ett område på 2 ha som försöksområde. Inom området var de parametrar som inte skulle varieras konstanta, exempelvis markförhållande och trädslag.
2. Upprepning, vilket syftar till att utjämna det ”brus” som uppkommer i en studie. Genom att ha flera upprepningar i studien kan man räkna ut medelvärden och då utjämna ”bruset” som uppkommer i en enstaka försöksparceller.
3. Mäta och normera syftar till att avvikelserna tas med i studien.

Alla tre strategier användes i studien för att förbättra resultatens tillförlitlighet.

Resultatet visar på att uttag av bibränsle ger ett högre netto per ha än ett uttag av massaved för cirka 10 cm grova gallringsbestånd. Förändrade priser påverkar kraftigt metodernas lönsamhet för studien (figur 7). Ett sannolikt scenario är att priserna på bibränsle kommer öka och massavedspriserna kommer vara relativt stabila. Detta gör att bibränslemetoden har framtiden för sig. Studien omfattar ett relativt litet material (12 parceller) vilket gör att man inte kan dra för stora slutsatser på bestånd som inte har liknande beståndskaraktär.



Figur 7. Flis- och massavedsprisets inverkan på nettot, vid de genomsnittliga medelstamsvolymer som studerats.

*Figure 7. Fuel-chip and pulpwood price impact on the net income at the mean stem volumes that were studied*

Produktionen av biobränsle räknat som ton TS/tim var mer än 3,5 gånger högre (figur 3) och med en extra uttagsvolym på 20 ton TS/ha (tabell 6). Även om biobränslemetoden visar ett bättre netto än massavedsmetoden så finns förbättringar att göra. För utskotning och sönderdelning finns det mycket pengar att spara då de två momenten står för en stor del av kostnaderna. Även under skörden finns stora förbättringar att göra. I praktiken skulle man ha kunnat ta ut 32,2 m<sup>3</sup>fub massaved per hektar plus 20 ton TS biobränsle per hektar. I framtida studier vore det därför lämpligt att titta närmare på möjligheten att skörda både massaved och biobränsle i förstagallringsbestånd. Då flisen i studien kördes i container cirka 6 kilometer kan man fundera på om det inte hade varit billigare att flisa material på värmeverket. Detta är dock ett problem då många värmeverk endast kan ta emot flis.

Enligt Brunberg (1997) borde produktiviteten för en engreppsskördare i ett liknade bestånd vara 4,9 m<sup>3</sup>fub/G<sub>0</sub> timme. Skörden av massaved var således 41 % lägre än i Brunbergs studie. Om man räknar med en produktivitetsökningen på 41 % för båda metoderna ökar nettot till 7105 kr/ha för biobränslemetoden och till 3484 kr/ha för massavedsmetoden (figur 7). I systemanalysen finns ingen flyttkostnad med. Om flyttkostanden är 1500 kr/maskin blir den för biobränslemetoden 4500 kr och 3000 kr för massavedsmetoden. Om man räknar med en beståndsstorlek på 1 ha blir nettot för biobränslemetoden 803 kr/ha och för massavedsmetoden -3518 kr/ha. Dessa kostnader tillkommer oftast men blir mindre kännbara för nettot desto större bestånd som gallras. Vårdföretaget har även en beståndsgående flisare till sitt förfogande. Den kostar 60 kr/m<sup>3</sup>s enligt uppdragsgivaren (Bylund 2008, pers. med.). Om denna används försvinner skotningskostnaden och med den dyrare flisningen blir nettot 4059 kr/ha. Läger man till en flyttkostnad på 3000 kr och räknar med en beståndsstorlek på 1 ha blir nettot 1059 kr/ha, dvs ganska lika med den här

studerade bibränslemetoden. Det man då ska ha i tanke är att avverkningarna måste anpassas för att man skall kunna flisa med en beståndgående flisare. De avverkade stammarna ska läggas i ett så kallat ”fiskbensmönster” för att flisaren skall kunna matas framifrån eller med en mycket liten vinkel snett framifrån (Bylund 2008 pers. med.). Då det gallringssättet inte ingår i studien är det svårt att säga hur det påverkar produktiviteten, men mest troligt blir den lägre för skördaren då fler moment skall utföras. Den beståndgående flisaren skall även köra i beståndet och då den är tung och stor ökar risken för skador på träd och mark. Systemet är dessutom mycket känsligt för långa skotningsavstånd.

I efterhand bedöms att studiedesignen var lämplig. Större skillnader i diameter mellan de olika parcellen hade dock varit önskvärt. Ett sådant bestånd gick dock inte att finna inom lämpligt avstånd, med likadana markförhållanden. Arbetet under studien förlöpte i stor utsträckning väl. Vissa problem med tidsstudiens mentometer fanns när det gällde att uppfatta ljudsignalen var sjunde sekund.

Föraren i studien fick instruktioner att enbart gallra underifrån, då de klenaste träden skulle tas bort. Maskinföraren valde trots detta även att avverka grövre träd för massavedssystemet än för bibränslesystemet. Detta ledde till att bestånden inte såg likadana ut efter skörd. När grövre träd har avverkats enligt metoden för avverkning av massaved blir avverkningsuttaget högre och ekonomin påverkas positivt. Trots detta gav massavedssystemet betydligt sämre netto än bibränslesystemet. Det var även anmärkningsvärt att de ackumulerande armarna användes så få gånger. Bibränsleskörden skulle kunna effektiviseras om man ackumulerar fler stammar än endast en till två stycken per krancykel. Vid aggregatansättningen till träden upplevde författaren det som om aggregatet för massavedskörden var bättre på detta, då maskinföraren vid ett flertal tillfällen vid bibränsleskörden var tvungen att ta om för att komma i position. Det aktuella bibränsleaggregatet var för stort för den klena skog som avverkades i studien. Massavedsaggregatet var också det aningen för stort. Arbetssättet som användes i studien var väl anpassat för beståndet och var det arbetssätt som används även i vanliga fall. Produktiviteten var 41 % lägre än uträknat från Brunberg (1997), vilket skulle kunna vara en kombination av förare och maskin, men det är svårt att dra en säker slutsats. Under studien upplevde föraren att arbetet med de två olika aggregaten fungerade väl. När biomassan räknades fram med hjälp av funktioner (Marklund 1988) erhöles i princip samma värde som det faktiska uttaget. Det man skall ha i åtanke är att funktionerna skall användas med viss försiktighet i kustnära område (Marklund 1988).

Studien visar att man kan få ett högre netto för markägaren genom att enbart ta ut bibränsle som sortiment. Några uppenbara problem med systemet har inte framkommit utan det finns en stor utvecklingspotential för systemet. Då efterfrågan på skoglig bioenergi i Sverige torde öka inom de nästa åren, bör maskinsystemet ha en nisch att fylla i skogsbruket.

## Referenslista

- Anon. 1994. PS: Praktisk skogshandbok. Sveriges skogsvårdsförbund. Stockholm.
- Anon. 1998. Biobränslen och torv- Provtagning. Standardiseringen i Sverige. Utgåva 2. Stockholm.
- Anon. 2008. Skogsstatistisk årsbok. Skogsstyrelsen. Jönköping.
- Andersson, S. 2004. Skogsteknik förr och nu. Skogshistoriska sällskapetets årsskrift. Tranås. Sid 113.
- Andersson, S-O. 1954. Funktioner och tabeller för kubering av småträäd. Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut. Band 44 nr 12.
- Ersson, B.T. 2007. Produktivitet vid selektiv mekaniserad bioenergiröjning av eftersatta röjningsbestånd. Arbetsrapport 166-2007. Institutionen för skoglig resurshushållning. SLU, Umeå.
- Bergstrand, K-G. 1987. Planering och analys av skogstekniska tidsstudier. Meddelande nr 17. Forskningsstiftelsen skogsarbeten, Kista.
- Bergström, D., Bergsten, U., Nordfjell, T. & Lundmark, T. 2007. Simulation of Geometric Thinning Systems and Their Time Requirements for Young Forests. *Silva Fennica* 41 (1): Sid 137-147.
- Brunberg, B., Andersson G., Nordén B. & Thor, M. 1998. Uppdragsprojekt skogsbränsle-Slutrapport. Redogörelse nr 6. Skogsforsk, Uppsala.
- Brunberg, T. 1997. Underlag för produktionsnorm för engreppsskördare i gallring. Redogörelse nr 8. Skogforsk, Uppsala.
- Brunberg, T. 2004. Underlag till produktionsnormer för skotare. Redogörelse skogforsk 2004:3. Skogforsk, Uppsala.
- Dahl, F. 2008. Potential för Energiklippdrivare i Skåne- Markägarintresse, Råvarutillgång & Ekonomi. Examensarbete nr 113. Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap. SLU, Alnarp.
- Hägglund, B. & Lundmark, J-B. 1999. Handledning i bonitering med skogshögskolans bonoteringsystem. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Johansson, J. & Gullberg, T. 2002. Multiple Tree Handling in the Selective Felling and Bunching of Small Trees in Dense Stands. *International Journal of Forest Engineering*. 13(2): Sid 25-34.
- Korsfeldt, T. 2007. Energiutblick en genomlysning från energimyndigheten. Energimyndigheten, Stockholm.

Laitila, J., Asikainen, A., Nuutinen, Y. 2007. Forwarding of whole trees after manual and mechanized felling bunching in pre-commercial thinnings. *International journal of forest engineering*. 18(2): Sid 29-39.

Larsson, P. 1998. Biobränsle och mångfald på kollisionskurs i skogen? Naturskyddsföreningen, Stockholm.

Lehtikangas, P. 1999. Lagringshandbok för trädbränslen. SLU. Institutionen för virkeslära, Uppsala.

Liss J-E. 2004. Avverkningsvolym och netto i tidig gallring vid alternativen skogsbränsle eller massaved. Inst. För matematik, naturvetenskap och teknik. Högskolan Dalarna, Garpenberg.

Marklund, L-G. 1988. Biomassafunktioner för tall gran och björk i Sverige. Rapport nr 45. Institutionen för skogstaxering. SLU, Umeå.

Näslund, M. 1962. Mindre tabeller för kubering av stående träd utarb. av Statens skogsforskningsinstitut år 1951 tall, gran och björk på bark. Svenska skogsvårdsföreningen, Uppsala.

Persson, G. 2006. På väg mot ett oljefritt Sverige. Kommissionen mot oljeberoende, Stockholm.

Wallentin, C. 2007. Thinning of Norway spruce. Doctoral diss. Southern Swedish Forest Research Centre, SLU. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae* vol. 2007:29.

## **Muntliga referenser**

Brunberg, T. 2008. Skogforsk. Uppsala science park 751 83 Uppsala.

Bylund, P. 2008. Gustavsborgs Säteri AB. Vinnarp 284 91 Perstorp.

Holm, S. 2008. Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU, SE-901 83 Umeå.



## Bilagor

### Bilaga 1: formler

Framtagna funktioner för beräkning av avverkade träds brösthöjdsdiameter från stubbskärsdiametern (enl. regressionsanalys):

$$\text{- Björk } d = 0,6779 * d_{st} + 0,5347 R^2 = 0,87$$

$$\text{- Gran } d = 0,9131 * d_{st} - 1,2255 R^2 = 0,96$$

Framtagna funktioner för beräkning av trädens höjd från dbh (enl. regressionsanalys):

$$\text{- Björk } h = 5,217 * \ln(d) - 0,0517 R^2 = 0,70$$

$$\text{- Gran } h = 6,5943 * \ln(d) - 7,207 R^2 = 0,52$$

Volymfunktioner på bark:

- Näslunds (1962) mindre funktioner för södra Sverige

$$\text{- Tall, } d > 5 \text{ cm } v = 0,1072d^2 + 0,02427d^2 h + 0,007315dh^2$$

$$\text{- Gran, } d > 5 \text{ cm } v = 0,1104d^2 + 0,01925d^2 h + 0,01815dh^2 - 0,04936h^2$$

$$\text{- Björk, } d > 5 \text{ cm } v = 0,1305d^2 + 0,01338d^2 h + 0,01757dh^2 - 0,05606h^2$$

- Funktioner enligt S-O Andersson (1954) för södra Sverige

$$\text{- Tall, } d < 5 \text{ cm } v = 0,22 + 0,1066d^2 + 0,02085d^2 h + 0,008427dh^2$$

$$\text{- Gran, } d < 5 \text{ cm } v = 0,22 + 0,1086d^2 + 0,01712d^2 h + 0,008905dh^2$$

$$\text{- Björk, } d < 5 \text{ cm } v = 0,11 + 0,1271d^2 + 0,01257d^2 h + 0,006812dh^2$$

Marklunds (1988) funktioner för beräkning av trädens biomassa (kg TS):

- Björk

$$\text{- Stam}_{pb} = 2,72^{(-3,5686 + 8,2827 * (d/(d+7)) + 0,0393 * h + 0,5772 * \ln(h))}$$

$$\text{- Levande grenar} = 2,72^{(-3,3633 + 10,2806 * (d/(d+10)))}$$

$$\text{- Döda grenar} = 2,72^{(-6,6237 + 11,2872 * (d/(d+30)) - 0,3081 * h + 2,6821 * \ln(h))}$$

- Gran

$$\text{- Stam}_{pb} = 2,72^{(-2,1702 + 7,4690 * (d/(d+14)) + 0,0289 * h + 0,6828 * \ln(h))}$$

$$\text{- Levande grenar} = 2,72^{(-1,2063 + 10,9708 * (d/(d+13)) - 0,0124 * h - 0,4923 * \ln(h))}$$

$$\text{- Barr} = 2,72^{(-1,8551+9,7809*(d/(d+12))-0,4873*\ln(h))}$$

$$\text{- Döda grenar} = 2,72^{(-4,6351+3,6518*(d/(d+18))+0,0493*h+1,0129*\ln(h))}$$

•Tall

$$\text{- Stam}_{pb} = 2,72^{(-2,6768+7,5939*(d/(d+13))+0,0151*h+0,8799*\ln(h))}$$

$$\text{- Levande grenar} = 2,72^{(-2,5413+13,3955*(d/(d+10))-1,1955*\ln(h))}$$

$$\text{- Barr} = 2,72^{(-3,4781+12,1095*(d/(d+7))+0,0413*h-1,5650*\ln(h))}$$

$$\text{- Döda grenar} = 2,72^{(-5,8926+7,1270*(d/(d+10))-0,0465*h+1,1060*\ln(h))}$$

Variabelförklaring:

$v$  = trädvolum på bark ovan stubbe,  $\text{dm}^3$

$d$  = diameter på bark vid bröst höjd, cm

$d_{st}$  = diameter på bark vid stubbe, cm

$h$  = trädhöjd, m