

# ARBETSRAPPORT



FRÅN SKOGFORSK NR 749 2011

## Prestation och bränsleförbrukning för tre flishuggar

Lars Eliasson, Paul Granlund, Tomas Johannesson (Skogforsk)  
och Carla Nati (CNR/IVALSA)

Foto: Flisning av grot på avlägg.

Ämnesord: Flishugg, grot, knivslitage, sönderdelning, träddelar, underhåll.

---

## **SKOGFORSK**

### **– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut**

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiften, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar m.fl. som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

## **FORSKNING OCH UTVECKLING**

### **Två forskningsområden:**

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

## **UPPDRAG**

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter. Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

## **KUNSKAPSFÖRMEDLING**

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

## Förord

Studierna har gjorts i samarbete mellan Skogforsk och det italienska forskningsinstitutet CNR/IVALSA där vardera parten finansierat sin personal.

Skogforsks del av studien har finansierats av programmet ”Effektivare skogsbränslesystem – program 2007–2010”, vilket ingår i Energimyndighetens temaprogram ”Uthållig tillförsel och förädling av biobränsle”. ”Effektivare skogsbränslesystem” finansieras av Energimyndigheten, Bränsleproducenterna, Bränsleanvändarna och Skogforsk.

Uppsala 2011-09-26

Lars Eliasson, Paul Granlund och Tomas Johannesson

# Innehåll

|                                                                             |        |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------|
| Förord .....                                                                | 1      |
| Sammanfattning.....                                                         | 3      |
| Inledning.....                                                              | 3      |
| Material och metod .....                                                    | 4      |
| Jenz HEM 561.....                                                           | 4      |
| Bruks 805 ct.....                                                           | 5      |
| TS 1200 .....                                                               | 6      |
| Mätningar .....                                                             | 7      |
| Analyser.....                                                               | 8      |
| Resultat .....                                                              | 8      |
| Jenz HEM 561.....                                                           | 8      |
| Bruks 805 ct.....                                                           | 9      |
| TS 1200 .....                                                               | 9      |
| Flisens Fraktionsfördelning.....                                            | 10     |
| Knivslitagetts effekter på driftsekonomin .....                             | 11     |
| Diskussion .....                                                            | 13     |
| Prestation och Bränsleförbrukning .....                                     | 13     |
| Fraktionsfördelning .....                                                   | 15     |
| Slutsatser .....                                                            | 15     |
| Referenser.....                                                             | 15     |
| <br>Bilaga 1 Momentbeskrivning för studier av sönderdelningsutrustning..... | <br>17 |

## Sammanfattning

Tre flishuggar med olika lösningar för huggningen av flisen har studerats. En trumhugg med flera knivar Jenz HEM 561, en trumhugg med två knivar Bruks 805CT samt en mindre skivhugg TS 1200. Alla studier genomfördes som kombinerade prestations- och bränsleförbrukningsstudier.

Resultaten visar att allt eftersom knivarna slits sjunker prestationen samtidigt som bränsleförbrukningen ökar. Det medför att det går att göra stora kostnadsbesparingar genom att byta knivarna i tid. Intervallet inom vilket knivbytet bör ske är dock relativt stort.

Prestationen för de två trumhuggarna är i stort sett jämförbara. De skillnader som observerats kan inte säkerställas, givet de skillnader som finns mellan de flisade materialen och mellan maskinförarna. Den lilla skivhuggen producerade mindre än trumhuggarna och prestationen påverkades i högre grad av materialet.

Vid studien av Bruks huggen var groten förorenad, vilket ledde till en snabb förslitning av knivarna. För att verifiera resultaten vid ett normalt förslitningsförlöpp bör studien upprepas vid flisning av föroreningsfri grot.

## Inledning

Sönderdelning av grot och klenträdd görs främst med flishuggar medan sönderdelning av stubbar kräver krossning på grund av en större mängd föroreningar i materialet. Under det senaste året har flera studier av sönderdelningsutrustning genomförts inom ESS-programmet. Studierna visar att det material som ska sönderdelas i hög grad påverkar prestation och bränsleförbrukning. För att närmare belysa detta krävs att flera material sönderdelas av samma maskin och förare så att resultatet i minsta möjliga mån påverkas av annat än det sönderdelade materialet. De genomförda studierna indikerade att slitaget av knivar och tänder/slagor har stor betydelse för bränsleförbrukning och prestation för sönderdelningsmaskinen samt kvaliteten på den producerade flisen. Liknande resultat har erhållits vid studier av flishuggar i Italien (Spinelli & Nati, 2010).

De flishuggar som används för sönderdelning av skogsbränslen kan delas upp i tre typer:

1. Trumhuggar med två knivar placerade diametralt motsatt varandra på trumman (Figur 1). De är i dagsläget de vanligaste huggarna för sönderdelning av grot på avlägg och produceras av bl.a. Bruks AB, Erjo OSW AB, och Heinola OY.
2. Trumhuggar med fler än två knivar där knivarna bara täcker en del av trummans bredd (Figur 2). Knivarna sitter i flera rader jämt fördelade på trumman eller i en eller flera spiraler runt trumman. Dessa huggar anses ha en jämnare gång än tvåknivshuggarna och tillverkas bl.a. av Doppstadt Calbe GmbH, Jenz GmbH, och Kesla OY.

3. Skivhuggar, vilka används främst för flisning av energived, träddelar och delkvistade sortiment. Medan trumhuggarna finns i flera storlekar används 2 storlekar av skivhuggar, stora skivhuggar på terminal och små vid flisning av gallringsmaterial i bestånd. Små skivhuggar tillverkas av flera inhemska tillverkare t.ex. TS och Leksandshuggen, stora mobila skivhuggar av t.ex. Morbark inc.

I syfte att belysa det flisade materialet och/eller knivslitagets påverkan på prestation och bränsleförbrukning för olika typer av flishuggar har tre olika huggar studerats. En trumhugg med två knivar, Bruks 805 CT, en trumhugg med flera knivar, Jenz HEM 561, samt en mindre skivhugg, TS 1200. Alla studier har genomförts som kombinerade prestations- och bränsleförbrukningsstudier.



Figur 1.  
Trumhugg med sluten trumma och två knivar, knivarna är lika breda som trumman och sitter diametralt motsatta på trumman.



Figur 2.  
Trumhugg med öppen trumma och flera knivar, knivarna täcker bara en del av trummans bredd och sitter spridda runt trumman antingen i rader eller i spiralform.

## Material och metod

### JENZ HEM 561

Jenz HEM 561Z är en trumhugg som monterats på en vagn, och som drivs av en stor jordbrukstraktor via kraftuttaget. Huggen är försedd med 20 korta knivar som sitter längs två diagonaler i trumman, den huggna flisen passerar sedan ett rooster med 80 × 80 mm maskstorlek. Knivarna byts ut mot nya då de är slitna. De är inte avsedda att slipas. Nya knivar kostar ca 60 kr per styck. Den studerade huggen drevs av en 246 kW Claas Xerion 3300 traktor, som var försedd med en Loglift 59F kran med en Hultdins supergrip 260R risgrip för matning av flishuggen. Flishuggen blåste flisen direkt i standardcontainrar. Dessa rangerades av en jordbrukstraktor med lastväxlervagn till närmaste plats där en lastväxlarbil kunde hämta dem. Containrarna vägdes var och en för sig på värmeverket i Skövde.

Jenzhuggen studerades den 25 och 26 oktober 2010 vid flisning av lövdominerad grot ca 5 km söder om Skövde och vid flisning av klippta klenträ 7 km väster om Tibro (Figur 3). Under studien var det uppehållsväder med några minusgrader på morgnarna och några plusgrader under eftermiddagarna. Flisningen av grot genomfördes dels med använda knivar som föraren ansåg vara i gott skick, han hade flisat ca 700 m<sup>3</sup> med dem vid studiestarten, dels med slöa

knivar. I det senare fallet slöades eggen på knivarna med hjälp av vinkelslip. Vid flisningen av klenträäd användes nya knivar.

Groten bestod av björk (60 %) och grangrot (40 %). Grangroten bestod av en normal blandning av grenar och toppar medan björken bestod av toppar/-träddelar.

Klenträden var ett klippt material från rensning av åkerkanter och dominerades av asp- och alstammar. Huvuddelen (2/3) av stammarna hade en rotdiameter mellan 8 och 14 cm, den observerade maxdiametern i vältan var 24 cm.



Figur 3.  
Jenzhuggen vid flisning av klenträäd.

### **BRUKS 805 CT**

Bruks 805 CT är en trumhugg med två knivar som var och en är lika bred som huggtrumman, knivarna är monterade diametralt motsatt varandra på trumman. De slipningsbara knivarna byts mot nyslipade då föraren upplever att de är för slöa. Knivarna kostar 2 150 kr per styck och kan slipas 10 till 15 gånger. Huggen drevs av en 331 kW Scaniamotor, och var tillsammans med en 20 m<sup>3</sup> högtippande flisbalja monterad på en John Deere 1410D-skotare, vars kran användes för matning av huggen. Den huggna flisen kastas direkt från huggtrummans flisfickor genom ett stickgaller och vidare ut genom flisröret till flisbaljan. Då flisbaljan var fylld tippades flisen över i standardcontainrar på vändplanen, där de hämtades av lastväxlarbilar.

Brukshuggen studerades vid flisning av grot ca 17 km väster om Nyköping (Figur 4). Studien genomfördes den 9 och 10 maj 2011 i soligt väder med 20–25°C temperatur. Groten som var förorenad med jord, bestod av en blandning av lika delar löv och grangrot. Grangroten bestod av en normal blandning av grenar och toppar medan lövet främst bestod av toppar och träddelar. Studien började med att nyslipade knivar monterades i huggen, samtliga producerade containrar med flis utom en studerades till dess att knivparet var utslitet. Studien avslutades då två containrar fyllts efter att knivarna bytts en andra

gång. Den producerade flisen vägdes med flismaskinens våg. De tre första containrarna kontrollvägdes på Eskilstuna värmeverk, men då vikterna för dessa containrar överensstämde med maskinens våg gjordes inga ytterligare kontrollvägningar.



Figur 4.  
Bruks 805CT vid flisning av grot.

## TS 1200

TS 1200 är en mindre skivhugg som drivs av en 130 kW (175 hk) Perkins-motor. Huggen har två knivar monterade på en 350 kg tung skiva med 1 200 mm diameter. Under studien var avståndet mellan de nyslipade knivarna och motstålet 21 mm. Den studerade huggen är främst avsedd för flisning av klenträäd i bestånd och är monterad på en John Deere 810D skotare, försedd med en 13 m<sup>3</sup> högtippande balja (Figur 5).

TS-huggen studerades den 27 oktober 2010 vid flisning av lövgrot ca 10 km söder om Mariestad och vid flisning av energived (massaved) på bränsleterminalen i Götene. Lövgroten bestod främst av toppar och större grenar av blandat löv med ca 25 % inblandning av grangrot. Grot togs från två högar och det flisade materialet tippades i containrar. För att begränsa studiens omfattning fylldes varje container med 2 flisbaljor, d.v.s. ca 24 m<sup>3</sup>s flis. De första två containrarna fylldes från en vält med grot från avverkning under våren 2010, den tredje containern fylldes från en äldre vält (ca 2 år) med fuktigare och mer nedbruten grot. Containrarna vägdes på terminalen i Götene efter avslutad tidsstudie.

Energiveden flisades på terminalen i Götene och bestod av klen lövdominerad rundved (6–10 cm diameter) för de 4 första flisbaljorna och grövre rundved av barr (10–25 cm) för de två sista flisbaljorna. Eftersom studien utfördes på terminalen kunde flishuggen vägas på terminalens våg efter varje fylld flisbalja.



Figur 5.  
TS1200-huggen vi flisning av grot.

## MÄTNINGAR

Tidsstudien genomfördes som en centiminutstudie där arbetet delats upp i korta arbetsmoment. Momentindelningen framgår av Bilaga 1. Tidsåtgången för arbetsmomenten registrerades per producerad container eller balja i en Allegro handdator. Förutom tid mättes producerad mängd flis per container genom vägning på mottagningsplatsen, dessutom togs flisprover från varje container för bestämning av flisens torrhalt och fraktionsfördelning. Vid torrhaltsbestämningen torkades proverna i 105°C till dess att konstant vikt uppnåts och torrhalten beräknades som:

$$\text{Torrhalt \%} = 100 \times \left( \frac{\text{Flisens torra massa}}{\text{Flisens råa massa}} \right)$$

Sållning av flisproverna skedde enligt den europeiska standarden för bränsleflis SIS-CEN/TS 15149–1:2006.

Bränsleförbrukningen mättes genom toppfyllning av maskinen efter varje fylld fliscontainer för Jenz- och Brukshuggarna och efter varannan fylld flisbalja för TShuggen. Då Claastraktorn driver både hugg och kran gäller den redovisade bränsleförbrukningen hela flisningsarbetet inklusive matning av huggen. Även för Brukshuggen gäller den redovisade bränsleförbrukningen hela flisningsarbetet inklusive matning av huggen, då bränsleförbrukningen både för Scania-motorn som drev huggen och för JD1410-skotaren som matade huggen mättes. För TS-huggen redovisas bara bränsleförbrukningen för huggningen av flisen eftersom matningen av flishuggen gjordes med basmaskinens kran och basmaskinens bränsleförbrukning inte mätts.

## ANALYSER

I resultaten har arbetsmomenten slagits samman till följande moment; Kran-arbete och matning, Flisning, För- & efterarbeten, Transport, Tippning, Övrigt och Avbrott enligt Bilaga 1. I den statistiska analysen har det flisade materialet (grot och träddelar) samt knivarnas skärpa (för Jenzhuggen) inkluderats som faktorer i analysen. Presenterade prestationer och bränsleförbrukningar är medeltal för tre containrar. För Brukshuggen har prestationen med nya knivar har normerats för förare, förutom i de fall där det uttryckligt nämns att *Förare 1* avses.

Vid analysen av knivslitaget inverkan på driftsekonomi har knivkostnaden beräknats utifrån antagandet att Brukshuggens knivar kan slipas 10 gånger och en normal bytestid enligt tidigare studier. Maskinkostnaden har beräknats exklusive kostnaden för knivslitage och med en bränsleförbrukning för nya knivar. Bränslekostnadsökningen avser således endast kostnaden för den ökade bränsleförbrukning de slöa knivarna medför.

## Resultat

### JENZ HEM 561

Prestationen vid flisning av grot med bra knivar var 17,8 ton TS per effektiv flisningstimme och huggens bränsleförbrukning var då 2,4 l per ton TS (Tabell 1). Prestationen sjönk med 14 % samtidigt som bränsleförbrukningen ökade med 28 % vid flisning av grot med slöa knivar (Figur 6).

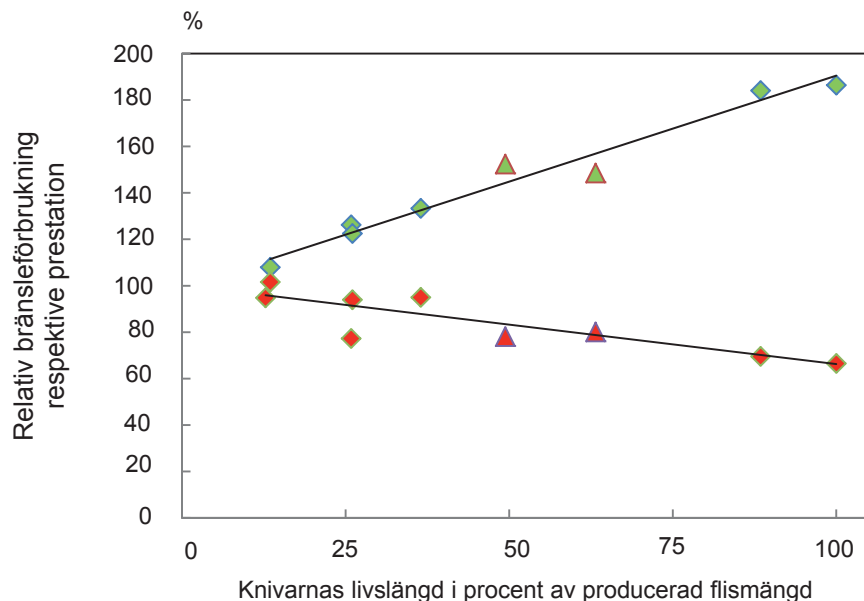
Vid flisning av träddelar med nya knivar var prestationen 20,5 ton TS per effektiv timme och bränsleförbrukningen 2,2 liter per ton TS, d.v.s. prestationen var 15 % högre och bränsleförbrukningen 11 % lägre än vid flisning av grot med bra knivar. Skillnaderna i prestation och bränsleförbrukning jämfört med flisningen av grot beror både på att knivarna var bättre vid flisningen av träddelar och att träddelarna är ett enklare material att flisa.



Figur 6.  
Relativ bränsleförbrukning och prestation för Jenz HEM 561 beroende på huggstålens kondition samt det flisade materialet.

## BRUKS 805 CT

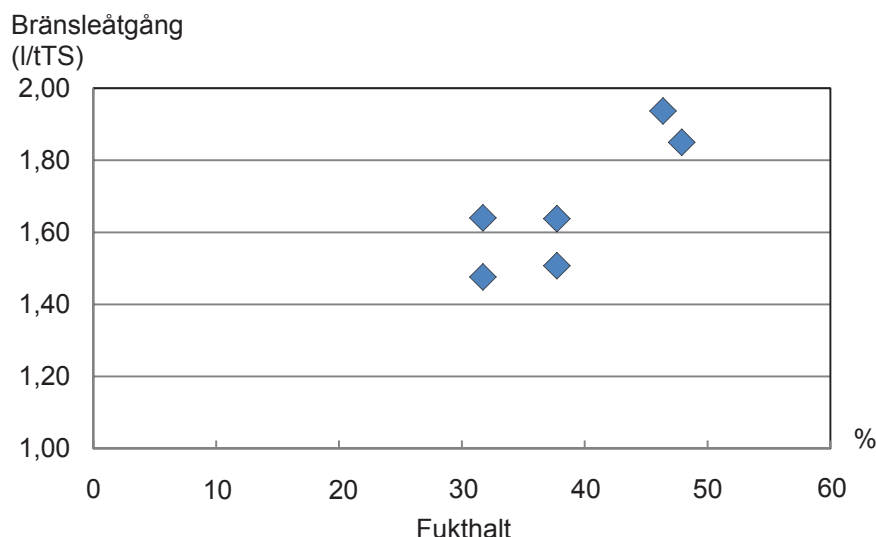
Prestationen var 22,8 ton TS per effektiv timme vid flisning med nyslipade knivar. Prestationen minskade linjärt med producerad flismängd. För *Förare 1* sjönk den observerade prestationen från 19,5 ton TS per effektiv timme med nyslipade knivar till 13,7 ton TS per effektiv timme då knivarna var helt slut (tabell 1), samtidigt ökade bränsleförbrukningen från 2,2 till 3,5 liter per ton TS. Bränsleförbrukningen under studien fördelade sig i medeltal på 1,9 liter per ton TS för huggpaketet och 0,7 l per ton TS för basmaskinen. På grund av det förorenade materialet så krävdes knivbyte redan efter 8 fyllda containrar.



Figur 7.  
Relativ bränsleförbrukning (grön linje, symboler) och prestation (röd linje, symboler) för Bruks 805 CT.  
Rommar markerar *Förare 1* och trianglar *Förare 2*.

## TS 1200

Prestationen för TS 1200-huggen var 8,8 respektive 13,4 ton TS per effektiv timme för grot respektive massaved, d.v.s. prestationen var ca 50 % högre vid flisning av massaved än vid flisning av grot. För att kunna få fullt lass var föraren tvungen att göra ett avbrott efter ca 2/3 av flisningsarbetet och vicka flisbaljan då flisen främst la sig i den högra delen av baljan, d.v.s. på den sida där flisen blåstes in. Bränsleförbrukningen för huggen var 1,7 l per ton TS och påverkades inte av det flisade materialet, men av materialets fukthalt (Figur 8).



Figur 8.  
Fukthaltens påverkan på bränsleförbrukningen för TS1200-huggen.

Tabell 1.  
Observerad tidsåtgång per arbetsmoment, centiminuter per ton TS, för huggarna fördelat på material och knivskärpa. *Förare 1* för Brukshuggen. Övrigt arbete för Brukshuggen är "Ordna flis i container" och för TS 1200 främst "Vicka flisbaljan"

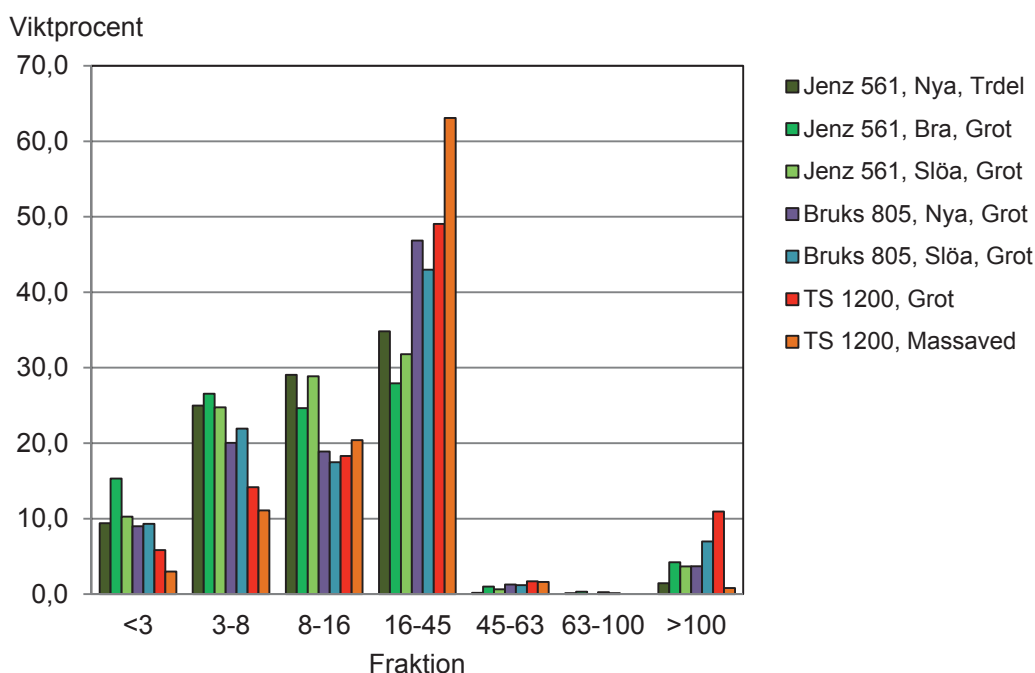
| a flisbaljan".                            | Jenz HEM 561    |                  |                      | Bruks 805 CT    |                  | TS 1200 |          |
|-------------------------------------------|-----------------|------------------|----------------------|-----------------|------------------|---------|----------|
|                                           | Grot bra knivar | Grot slöa knivar | Träddelar nya knivar | Grot nya knivar | Grot slöa knivar | Grot    | Massaved |
| Kranarbete & matning                      | 322,4           | 360,6            | 281,9                | 263,8           | 403,8            | 674,8   | 399,2    |
| Flisning                                  | 14,6            | 29,7             | 19,1                 | 25,3            | 20               | 7       | 47,4     |
| För- och efterarbeten                     |                 |                  |                      | 17,1            | 17,1             | 36,7    | 36       |
| Transport                                 | 5,7             | 4,8              | 5,1                  | 37,4            | 37,4             | 161,5   | 161,4    |
| Tippning                                  |                 |                  |                      | 37,5            | 37,5             | 47,5    | 33       |
| Övrigt                                    | 0,2             | 0                | 1,1                  | 34,4            | 34,4             | 19,3    | 19,7     |
| Prestation i flisning-arbetet (tTS/timme) | 17,8            | 15,4             | 19,9                 | 19,5            | 13,7             | 8,8     | 13,4     |

## FLISENS FRAKTIONSFÖRDELNING

För Jenz-huggen går det inte att finna någon skillnad i fraktionsfördelningen hos den producerade flisen beroende på material eller knivskärpa (Figur 9). Maxlängden i det flisade materialet var 162 mm och det rörde sig främst om tunna stickor.

Brukshuggen producerade en något grövre flis än Jenzhuggen och andelen flis över 100 mm ökade avsevärt när stålen var utslitna. Med vassa stål var den längsta flisbiten en sticka på 182 mm och med slöa knivar en 418 mm lång bit av en kvist.

För TS-huggen var skillnaden stor mellan grot och massaved som gav en betydligt mer homogen flis. Andelen flis mindre än 8 mm var låg jämfört med de andra huggarna. Maxlängden i den grotflis som var längre än 100 mm var 345 mm, och mycket av det överlånga materialet utgjordes av kvistar eller grova stickor. Även i massavedsflisen förekom en del grövre stickor i det överlånga materialet.



Figur 9.  
Flisens fraktionsfördelning fördelat på knivskärpa, material och studerad flishugg.

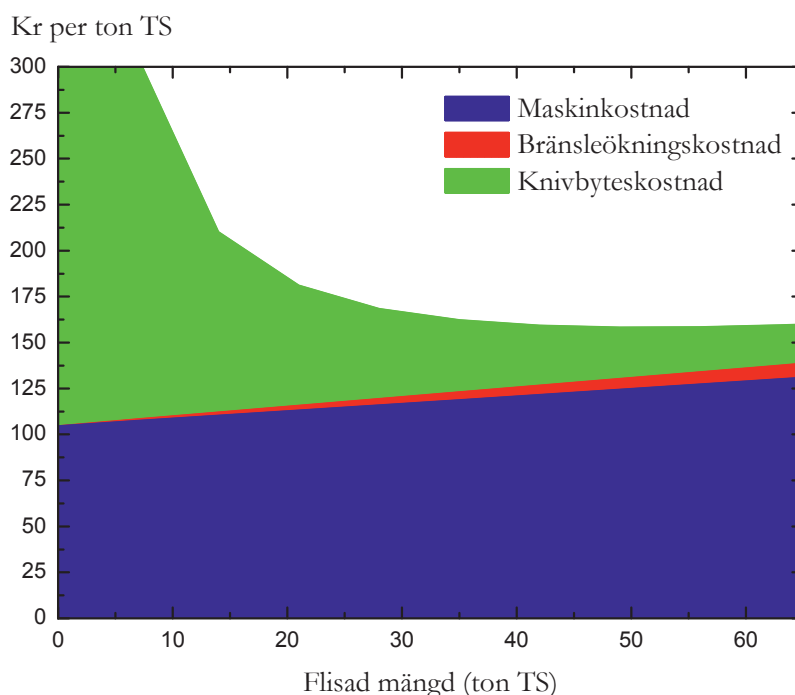
## KNIVSLITAGETS EFFEKTER PÅ DRIFTSEKONOMIN

Knivslitaget effekt på driftsekonomi kan delas upp i tre komponenter:

1. Ökad produktionskostnad per ton TS på grund av minskad prestation.
2. Ökad bränslekostnad per ton TS eftersom bränsleförbrukningen ökar på grund av slitaget.
3. Kostnaden för att byta knivarna, vilket inkluderar arbetskostnaden för bytet samt kostnaderna för slipning och nyanskaffning av knivar.

Av dessa kostnader så ökar de två första med produktionsvolymen som en följd av slitaget på knivarna. Knivbyteskostnaden är däremot en fast kostnad som fördelas på den producerade mängden flis och därmed minskar den med ökande produktionsvolym. Givet förutsättningarna i studien av Brukshuggen så påverkas medelkostnaden per ton TS enligt figur 5, där det framgår att de stora kostnadsposterna är maskinkostnaden och knivbyteskostnaden. Minimerar man den totala medelkostnaden för flisningen i studien så finner man att knivarna borde ha bytts ut redan efter att 46 ton TS flisats, d.v.s. efter att ca 6,5 container fyllts. Kurvan är flack i området kring optimum och från 35 till maximala 57 ton TS är inoptimalförlusten är mindre än 1 %.

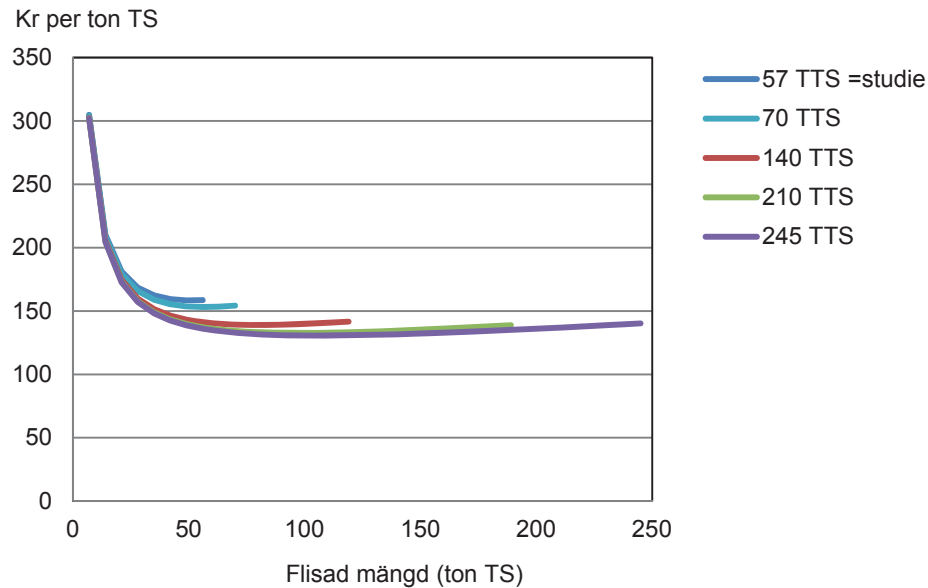
Knivslitaget i studien av Brukshuggen var högre än normalt på grund av den förorenade groten. Om man antar att knivarna är utslitna efter 70, 140, 210 eller 245 tTS sjunker minimikostnaden per tTS och samtidigt som området med mindre än 1 % inoptimalförlust blir större (Figur 10, Tabell 2).



Figur 10. Flisningskostnaden per ton TS för Bruks 805 CT fördelat på maskinkostnad, ökad bränslekostnad och kostnaden för att byta knivar i huggen beroende på antalet ton TS som flisas mellan knivbyten. Förslitning av knivarna enligt studien.

Tabell 2. Medelkostnad per ton TS samt medelkostnad per ton TS vid optimal flisningsmängd mellan knivbyten och den optimala flismängden mellan knivbyten vid olika maximal livslängd för knivarna.

| Ton TS innan fullt utslitna knivar | Medelkostnad vid fullt utslitna knivar | Medelkostnad vid optimal bytestidpunkt | Producerad mängd (ton TS) vid optimal bytestidpunkt | Produktionsintervall (ton TS) inom vilket inoptimalförlusten är mindre än 1% |
|------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 57                                 | 153,4                                  | 152,7                                  | 45,8                                                | 35–57 (d.v.s. max)                                                           |
| 70                                 | 150                                    | 148                                    | 50,7                                                | 39–66                                                                        |
| 140                                | 142                                    | 135                                    | 71,7                                                | 54–97                                                                        |
| 210                                | 140                                    | 130                                    | 87,9                                                | 64–121                                                                       |
| 245                                | 139                                    | 128                                    | 94,9                                                | 68–132                                                                       |



Figur 11.  
Medelkostnaden per ton TS beroende av antalet producerade ton TS mellan knivbyten vid antagandet att knivarna är fullt utslitna efter 57, 70, 140, 210 och 245 ton TS.

## Diskussion

Det finns inga möjligheter att avgöra om slitaget på knivarna var likvärdigt för de studerade huggarna. Det är helt klart att knivslitage i delstudierna inte är helt jämförbart då Jenzhuggens knivar slöades ner med vinkelslip så att de skulle motsvara slutkörda knivar. Därför går det inte att dra några slutsatser om den flisade mängdens effekt på knivslitage för Jenzhuggen. Entreprenören med Jenzhuggen uppskattade att han normalt producerade ca 2000 m<sup>3</sup>s flis innan knivarna byttes. Om en kniv skadades av t.ex. en stenkörning under denna period kunde han byta ut endast den kniven. Brukshuggen studerades däremot från knivbyte till dess att knivarna ansågs slut, d.v.s. nästa knivbyte. Den förorenade groten i Nyköpingsstudien ledde till ett onormalt snabbt knivslitage för Brukshuggen. I tidigare studier av Brukshuggar har den genomsnittliga mängden flis per knivbyte varit mer än dubbelt så hög som den som observerades i denna studie. Erfarna huggentreprenörer anser att man vid flisning av ren grot kan flisa 1 000–1 200 m<sup>3</sup>s, motsvarande ca 175–210 ton TS, innan man behöver byta huggstålen (jfr. Nilsson & Nordin, 2010).

## PRESTATION OCH BRÄNSLEFÖRBRUKNING

Prestationen för de två trumhuggarna är i stort sett likvärdiga. Brukshuggen har en något högre observerad prestation under den effektiva flisningstiden men skillnaderna mellan huggarna kan inte anses säkerställda, givet de skillnader som finns i materialet som flisats och mellan de maskinförare som kört maskinerna. Dessutom är de tillkommande bitiderna högre för Brukshuggen, då Brukshuggen var tvungen att flytta sig till containrarna och tippa i dem. För att rymma två flisbaljor i en container var föraren tvungen att föra ut flisen åt sidorna i containern med kranen. Jenzhuggen blåste flisen direkt i containrarna och kunde koncentrera sig på flisningsarbetet då det fanns en annan traktor

som rangerade containrarna. Detta innebär att man har två traktorer och två förare i systemet med Jenzhuggen. Att endast använda en traktor och en förare skulle öka stilleståndstiden för huggen avsevärt, då det innebär huggen måste kopplas loss från traktorn varje gång en container behöver flyttas.

Brukshuggen förbrukade mindre bränsle än Jenzhuggen med nyslipade/nya knivar. Ökningen av bränsleförbrukningen till dess att knivarna byttes var högre för Brukshuggen vilket delvis kan bero på materialet som flisades och delvis på den subjektiva bedömningen av när knivarna är slut. Båda huggarnas prestation påverkades i hög grad av slitaget på knivarna. För Brukshuggen var sambanden mellan både producerad mängd flis och prestation samt producerad mängd flis och bränsleförbrukning linjärt liksom i Spinelli och Natis (2010) studie av en trumhugg med två knivar tillverkad av Pezzolato. Den relativa effekten av producerad mängd är jämförbar med vad som visades i den italienska studien.

Den ökade kostnaden per producerat ton TS för Brukshuggen på grund av prestationsförluster och ökad bränsleåtgång (Figur 10) motiverar att knivarna byts innan de är lika slitna som i den genomförda studien. Resultaten indikerar att knivarna bör bytas oftare än vad förarna anser normalt om man vill minimera den totala flisningskostnaden, jfr. figur 11, men också att intervallet för ett någorlunda optimalt knivbyte är stort.

En ökning av antalet slipningar av knivarna från basalternativets 10 slipningar till 15 slipningar under knivarnas livslängd minskar knivbyteskostnaden med 10 procent. Kostnaden per producerat ton TS minskar med ca 1 kr samtidigt som det optimala intervallet mellan knivbyten minskar med 4 ton TS, antaget en maximal produktionsmängd på 210 ton TS mellan knivbyten.

En ökning av knivbyteskostnaden medför att den optimala produktionsvolymen mellan byten blir något större, t.ex. medför en 25-procentig ökning av kostnaden för knivbyte vid 210 ton TS maximal produktionsvolym en ökning av den optimala produktionsvolymen mellan knivbyten från 88 till 98 ton TS. Kostnaden per ton TS vid den optimala flismängden ökar då med ca 6 kr. En 25-procentig ökning av knivbyteskostnaden motsvarar ca 10 minuters ökad stilleståndstid för knivbytet.

De genomförda studierna bör kompletteras genom att en hugg med flera knivar studeras under hela knivlivslängden. Studien av Brukshuggen bör upprepas vid flisning av föroreningsfri grot för att verifiera att effekterna av knivslitaget på prestation och bränsleförbrukning är korrekta vid ett normalt förslitningsförlopp. Vid en sådan studie bör både grot och träddeklar flisas för att belysa skillnaderna i prestation och bränsleförbrukning mellan dessa material.

Skivhuggen producerade mindre än trumhuggarna, vilket var förväntat då det är en mindre hugg och det finns ett tydligt samband mellan effekt och prestation vid huggning av flis (Bruks, 2008). Det flisade materialet verkar påverka skivhuggen mer än trumhuggarna. Detta kan förklaras av att kombinationen TS 1200/JD 910 är avsedd för flisning av träddeklar i bestånd och inte för flisning av grot ur vält. En uppföljande studie bör göras av maskinen vid flisning av träddeklar i bestånd. Bränsleförbrukningen per ton TS för driften av TS 1200-huggen är jämförbar med bränsleåtgången för Brukshuggen med nyslipa-

de stål. Den totala bränsleförbrukningen per ton TS torde dock vara högre för TS 1200/JD 910-kombinationen än för Bruks 805 CT/JD 1410-kombinationen. Detta orsakas av att även om JD 910 har något lägre bränsleförbrukning per timme än JD1410 så skall denna bränsleförbrukning fördelas på en prestation som är knappt 40 % av prestationen för kombinationen Bruks 805 CT/JD 1410.

## **FRAKTIONSFÖRDELNING**

Det är svårt att dra slutsatser om huruvida de olika huggarna inverkar på fraktionsfördelningen hos den producerade flisen givet de stora skillnader som finns mellan de flisade materialen. Andelen finfraktion (<3; 3–8 mm) är dock lägre för skivhuggen än för trumhuggarna. Det finns en tendens att nyslipade knivar ger något högre andel acceptflis, d.v.s. flis i fraktionen 16–45 mm, och en något lägre andel flis längre än 100 mm än utslitna knivar.

## **SLUTSATSER**

Då knivarna slits sjunker prestationen samtidigt som bränsleförbrukningen ökar. Det medför att det går att göra väsentliga kostnadsbesparingar genom att byta knivarna i tid. Intervallet inom vilket knivbytet bör ske är dock relativt stort.

Prestationen för de två trumhuggarna är i stort sett likvärdig. De skillnader som observerats kan inte säkerställas, givet de skillnader som finns mellan de flisade materialen och mellan olika maskinförare.

Den lilla skivhuggen producerade mindre än trumhuggarna och prestationen påverkades i högre grad av det flisade materialet.

Vid studien av Brukshuggen var groten förorenad, vilket ledde till en snabb förslitning av knivarna. För att verifiera resultaten vid ett mer normalt förslitningsförlopp bör studien upprepas vid flisning av föroreningsfri grot.

## **Referenser**

- Bruks AB. 2008. Stationary wood chippers. Capacity diagram for determining the required power. Bruks, Arbrå.
- Nilsson-Nordin, A-L. 2010. Ekonomi i förröjning när grot skall tas ut och flisas. Högskolan Dalarna. Examensarbete E3951Mi.
- Spinelli, R. & Nati, C. 2010. How blade wear of chippers can affect fuel consumption and wood chip size distribution. Proceedings FORMEC 2010.



## Bilaga 1

### Momentbeskrivning för studier av sönderdelnings- utrustning

| Momentbeskrivning                                                                                                        |                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Kran ut – kranens rörelse från huggen/krossen till vältan.                                                               | Kran ut        |
| Gripning av material i vältan.                                                                                           | Grip           |
| Kran in – kranens rörelse från vältan till huggen/krossen.                                                               | Kran in        |
| Iläggning och tillrättaläggande av material.                                                                             | Släpp-ordna    |
| Flisning, Kranen står stilla men huggen är i ingrepp.                                                                    | Flisning       |
| Utmatning av den sista flisen, då varken kran eller hugg arbetar.                                                        | Utmatning      |
| Uppstart av flishuggen.                                                                                                  | Uppstart       |
| Förberedelse för flisning – stödben ner, hytt upp, utfällning av matarbord, kranen till arbetsläge.                      | Förbered flisn |
| Nerstängning av flishugg – nervarvning till tomgång + väntan på rätt motortemp.                                          | Nerstängning   |
| Förberedelse för förflyttning – Kran till tp-läge, hytt ner, stödben upp, uppfällning matarbord.                         | Förbered trp   |
| Körning med last.                                                                                                        | Körning lastad |
| Körning utan last.                                                                                                       | Körning tom    |
| Tömning/avställning av flisbehållare.                                                                                    | Tippning flis  |
| Övrig verktid – arbeten som inte täcks av ovanstående arbetsmoment men är en förutsättning för det egentliga arbetet.    | Övrig Verktid  |
| Väntan på arbete som någon annan utför – t.ex. väntan på tomma containrar, utlastning av flis.                           | Väntan         |
| Avbrott är allt som inte tillhör det egentliga arbetet, t.ex. reparationer, driftsavbrott, underhåll, telefon lunch etc. | Avbrott        |



## Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2010

| 2010   |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nr 700 | Hannerz, M. & Cedergren, J. 2010. Attityder och kunskapsbehov – förädlad skogsodlingsmaterial. 56 s.                                                                                                                                                                            |
| Nr 701 | Rytter, R.M. 2010. Detektion av röta i bokved – resultat av mätthöjd, riktning och tidpunkt. 10 s.                                                                                                                                                                              |
| NR 702 | Rosvall, O. & Lundström, A. 2010. Förädlings effekter i Sveriges skogar - kompletterande scenarier till SKA-VB 08. 31 s.                                                                                                                                                        |
| Nr 703 | von Hofsten, H. 2010. Skörd av stubbar – nuläge och utvecklingsbehov. 18 s.                                                                                                                                                                                                     |
| Nr 704 | Karlsson, O. & Nisserud, F. 2010. Utveckling av en dynamisk helfordonsmodell för skotare. 73 s.                                                                                                                                                                                 |
| Nr 705 | Eliasson, L. & Johannesson, T. 2010. Förröjningens påverkan på grotskotning – En studie av produktivitet, ekonomi, grotkvalitet hos SCA skog. 9 s.                                                                                                                              |
| Nr 706 | Rytter, L. & Stener L.G. 2010. Uthållig produktion av hybridasp efter skörd – Slutrapport 2010 för Energimyndighetens projekt 30346. 23 s.                                                                                                                                      |
| Nr 707 | Bergkvist, I. 2010. Utvärdering av radförbandsförsök anlagda mellan 1982-1984. 16 s.                                                                                                                                                                                            |
| Nr 708 | Hannrup, B. & Jönsson, P. 2010. Utvärdering av sågmotorn F11-iP med avseende på uppkomsten av kapsprickor – en jämförande studie. 28 s.                                                                                                                                         |
| Nr 709 | Iwarsson Wide, M., Belbo, H. 2010. Jämförande studie av olika tekniker för skogsbränsleuttag i mycket klen skog Skogsbränsleuttag med Naarva-Gripen 1500-40E och Log Max 4000, Mellanskog, Simeå 28 s.                                                                          |
| Nr 710 | Englund, M., Löfroth, C. & Jönsson, P. 2010. Inblandning av rött ljus i LED-lampor – Laboratoriestudier av hur människor uppfattar tre olika ljusblandningar. 7 s.                                                                                                              |
| Nr 711 | Mullin, T.J., Hallander, J., Rosvall, O. & Andersson, B. 2010. Using simulation to optimise tree breeding programmes in Europe: an introduction to POPSIM™. 28 s.                                                                                                               |
| Nr 712 | Jönsson, P. 2010. Hydrauliskt dämpad hytt – ett lyft för arbetsmiljön? 14 s.                                                                                                                                                                                                    |
| Nr 713 | Eriksson, B. & Sonesson, J. 2010. Tredje generationen skogsbruksplaner – Slutrapport DElproj 4 – Arbetsgång vid planläggning. 23 s.                                                                                                                                             |
| Nr 714 | Sonesson, J. 2010. Nya arbetssätt i skogsbruksplanläggning. 20 s.                                                                                                                                                                                                               |
| Nr 715 | Eliasson, L. 2010. Huggbilar med lastväxlarssystem. 13 s.                                                                                                                                                                                                                       |
| Nr 716 | Eliasson, L. & Granlund P. 2010. Krossning av skogsbränsle med en stor kross – En studie av CBI 8400 hos Skellefteå Kraft. 6 s.                                                                                                                                                 |
| Nr 717 | Stener, L.G. 2010. Tillväxt, vitalitet och densitet för kloner av hybridasp och poppel i sydsvenska försök. 46 s.                                                                                                                                                               |
| N 718  | Palmquist, C. & Sandberg, J. & Vibrationskomfort och ergonomi på förarstolar i skotare. 100 s.                                                                                                                                                                                  |
| Nr 719 | Thor, M. 2010. Avverkning och hantering av virke och avverkningsrester vid angrepp av tallvedsnematoder i svensk skog. 42 s.                                                                                                                                                    |
| Nr 720 | Fogdestam, N. 2010. Studier av Biotassu Griptilt S35 i gallring. 11 s.                                                                                                                                                                                                          |
| Nr 721 | Brunberg, T. 2010. Bränsleförbrukningen i skogsbruket. 12 s.                                                                                                                                                                                                                    |
| Nr 722 | Brunberg, T. 2010. Rätt begrepp. 25 s.                                                                                                                                                                                                                                          |
| Nr 723 | Löfroth, C. & Svenson, G. 2010. ETT – modulsystem för skogstransporter – Delrapport för de två första åren. 130 s.                                                                                                                                                              |
| Nr 724 | Rytter, L. & Lundmark, T. 2010. Slutrapport för Energimyndighetens projekt 30658. Trädslagsförsök med inriktning på massaproduktion. – Tree species trial with emphasis on biomass production. 24 s.                                                                            |
| Nr 725 | Rytter, R.M. & Högbom, L. 2010. Slutrapport för Energimyndighetens Projekt 30659. Markkemi och fastläggning av C och N i produktionsinriktade bestånd med snabbväxande trädslag – Soil chemistry and C and N sequestration in plantations with fast-growing tree species. 64 s. |
| Nr 726 | Brunberg, T., Eliasson, L. & Lundström, H. 2010. Skotning av färsk och                                                                                                                                                                                                          |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | hyggestorkad grot. 15 s.                                                                                                                                                                                                                               |
| Nr 727      | Enström, J. 2010. Inlandsbanans potential i Sveriges skogsbränsleförsörjning. 34 s.                                                                                                                                                                    |
| Nr 728      | Häggström, C. & Thor, M. 2010. Human factors in forest harvester operation. 25 s.                                                                                                                                                                      |
| Nr 729      | Westlund, K. 2010. WP-5100 Alternative logistics concepts fitting different wood supply situations and markets. 50 s.                                                                                                                                  |
| Nr 730      | von Hofsten, H. Jämförelse mellan CeDe stubbrytare och Pallari 140. 9 s.                                                                                                                                                                               |
| Nr 731      | Berg, R., Bergkvist, I., Lindén, M., Lomander, A., Ring, E. & Simonsson, P. Förslag till en gemensam policy angående körskador på skogsmark för svenskt skogsbruk 18 s.                                                                                |
| Nr 732      | Jönsson, P. 2010. Stolar och armstöd – Ergonomisk granskning enligt European ergonomic and safety guidelines for forest machines. 37 s.                                                                                                                |
| <b>2011</b> |                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Nr 733      | Rytter, L., Johansson, T., Karačić, A., Weih, M. m.fl. 2011. Orienterande studie om ett svenskt forskningsprogram för poppel. 210 s.                                                                                                                   |
| Nr 734      | Hannerz, M. & Fries, C. 2011. Användningen av webbtjänsterna Kunskap Direkt och Skogsskötselserien. – En enkätundersökning bland skogsbrukets fältpersonal. 48 s.                                                                                      |
| Nr 735      | Andersson, M. & Berglund, A. 2011. Test av pekskärmsmobiler. 22 s.                                                                                                                                                                                     |
| Nr 736      | Löfgren, B., Englund, M., Fogdestam, N., Jönsson, P., Lundström, L. & Wästerlund, I. 2011. Spårdjup och vibrationer för banddrivna skotare Lightlogg C och ProSilva. 32 s.                                                                             |
| Nr 737      | Brunberg, T. 2011. Studie av flerträdshantering i slutavverkning med John Deere 1470D hos SCA Skog hösten 2010.                                                                                                                                        |
| Nr 738      | Fogdestam, N. & Lundström, H. 2011. Studier av Offset Crane Concept, OCC hos Kjellbergs Logistik & Teknik i Hällefors. 15. S.                                                                                                                          |
| Nr 739      | Enström, J. & Röhfors, G. 2011. Effektivare järnvägstransporter med större fordon – En förstudie. 28 s.                                                                                                                                                |
| Nr 740      | Iwarsson Wide, M. & Fogdestam, N. 2011. Jämförande studie av olika uttagsmetoder av massaved och skogsbränsle i klen gallring. – Energived- och massavedsuttag med LOG MAX 4000B, Stora Enso Skog, Dalarna. 45 s.                                      |
| Nr 741      | Brunberg, T. 2011. Uppföljning av utbildningseffekten hos maskinlag hos SCA Skog AB 2010. 8 s.                                                                                                                                                         |
| Nr 742      | Hannrup, B., Andersson, M., Bhuiyan, N., Wikgren, E., Simu, J., Skog, J. 2011. Vinnova_Slutrapport_P34138-1_101221. – Slutrapport för projekt ”Beröringsfri diametermätning i skördare – utveckling av mätsystem och tester i produktionsmiljö”. 84 s. |
| Nr 743      | Åström, H. 2011. Förbättring av arbetsförhållande i skördare. Improvement of working conditions in harvester. 126 s.                                                                                                                                   |
| Nr 744      | Cheng, C. 2011. Forwarder. Modellering av åkkomforten i en skotare. Modeling the Ride Comfort of a 93 s.                                                                                                                                               |
| Nr 745      | Jonsson, J. 2011. Dynamisk däckmodellering och markinteraktion för skogsmaskiner. Dynamic tire modeling and soil interaction regarding forestry machines. 52 s.                                                                                        |
| Nr 746      | Grönqvist, D. 2011. Konzeptutveckling av hybriddrivlina för skogsmaskiner. Concept development of a hybrid powertrain for forest machines. 180 s.                                                                                                      |
| Nr 747      | Bhuiyan, N., Arlinger, J. & Möller J.J. 2011. Utveckling och utvärdering av en standardiserad metod för volymbestämning och stamräkning vid avverkning med flerträdshanterande skördaraggregat. 34 s.                                                  |
| Nr 748      | Brunberg, T. & Hagos Lundström. 2011. Studier av TimBear Lightlogg C i gallring hos Stora Enso Skog våren 2011. 9 s.                                                                                                                                   |
| Nr 749      | Eliasson, L., Granlund, P., Johannesson, T. & Nati, 2011. Prestation och bränsleförbrukning för tre flishuggar. 15 s.                                                                                                                                  |
| Nr 750      | Wilhelmsson, L., Arlinger, J., Hannrup, B. & Nordström, M. m.fl. 2011. D3.5-Methods and models for relating wood properties and storage conditions to process efficiency and product quality. 67 s.                                                    |