



Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 821–2014

Utvärdering av sågenheten R5500 med avseende på kaptid och energiåtgång

Evaluation of the R5500 sawing unit in terms
of cutting time and energy consumption

Petrus Jönsson, Björn Hannrup, Olle Gelin & Björn Löfgren

Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 821–2014

I Arbetsrapporter redovisar Skogforsk resultat och slutsatser från aktuella projekt. Här hittar du bakgrundsmaterial, preliminära resultat, slutsatser och färdiga analyser från vår forskning.

Titel:

Utvärdering av sågenheten R5500 med avseende på kaptid och energiåtgång.

Evaluation of the R5500 sawing unit in terms of bucking time and fuel consumption.

Bildtext:

Utvärdering av kaptider med höghastighetskamera.

Fotograf:

Björn Hannrup.

Ämnesord:

Sågmotor, kapsprickor, produktivitet, virkesvärde.

Saw motor, bucking splits, productivity, wood value.

Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2014

ISSN 1404-305X



SKOGFORSK

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

Tel: 018-18 85 00 Fax: 018-18 86 00

skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se



Petrus Jönsson, Fil.mag. har tidigare arbetat som skogsmaskinförare i familjens egna företag. Anställd vid Skogforsk 2006 och arbetar i programmen Teknik, Virke och Logistik. Främsta arbetsuppgifter är granskning/- utvärdering av tekniska komponenter, virkesskador och helkroppsvibrationer.



Björn Hannrup, SkogD. Arbetar på Skogforsk med frågor kring skördardata och tillvaratagande av virkesvärden.



Olle Gelin, Civilingenjör maskinteknik. Arbetar på Skogforsk med frågor kring maskinutveckling för skonsamhet- och produktivitet i programmet Teknik och Virke.



Björn Löfgren, Tekn D. Anställd vid Skogforsk 1981 och arbetar i programmet Teknik och Virke. Ansvarig för automation och teknik.

Abstract

Cutting of logs is a key and time-consuming element in the work of a harvester. Measures that shorten cutting time have a direct and positive effect on harvester productivity, but can also increase wood value, as there is an association between cutting time and occurrence of bucking splits.

In the study, a new sawing unit, the R5500, was evaluated in terms of cutting time and energy consumption. The new sawing unit was used together with a saw motor with greater displacement (34 cm³) than those commonly used, so motor speed could be reduced. In the study, measurements of logs and slices cut with the new sawing unit were compared with those of the SuperCut 100, which was the most commonly used saw in harvester heads at the time of the study.

When cutting time was measured from when the chain entered the bark until cutting was complete, the R5500 had a longer cutting time than the SuperCut 100 over the studied diameter interval (17–43 cm). The difference was greatest for the slices with largest diameter, 0.13 s (10%). The difference in cutting time between the sawing units decreased as diameter decreased, until a breakpoint was reached at a diameter of 17 cm, when the sawing units attained the same cutting time. The generally shorter cutting time for the SuperCut 100 was explained by a higher initial chain speed and a higher average chain speed compared with the R5500.

When cutting time was measured from when the chain started to rotate until cutting was complete, the R5500 was faster than the SuperCut 100 for diameters less than 28 cm. For diameters of over 28 cm, the SuperCut 100 was faster. In Sweden, the absolute majority of cross-cuts involve logs with diameters less than 28 cm, so the R5500 sawing unit can be expected to reduce total cutting time compared with the SuperCut 100 under the production conditions that prevail in Sweden.

The R5500 and SuperCut 100 sawing units were very similar in terms of total energy consumption per cut, and there was no statistically significant difference between them. The instantaneous power during cutting was lower for the R5500 than for the SuperCut 100, but the longer cutting time of the R5500 meant that the total energy consumption per cut was almost identical between the two sawing units.

In summary, the results of the study showed that the new sawing unit, the R5500, had similar cutting time and energy consumption to the SuperCut 100, the unit that currently dominates the market.

Förord

Denna rapport sammanfattar resultat från studien ”Utvärdering av sågenheten R5500 med avseende på kaptid och energiåtgång”. Studien har finansierats av medel från Skogforsks riktade tekniksatsning 2013. Stora Enso har varit maskinvärd och studien genomfördes med en basmaskin och ett skördaraggregat från John Deere. I studien har John Deere och JPS Teknik bidragit genom att förbereda skördaraggregatet för montage av ny sågenhet/sågmotor, montering/demontering av sågenheter/sågmotorer samt intrimning. Hultdin har också bidragit vid intrimningen av den ursprungliga sågenheten.

Nedanstående personer har medverkat i studien:

Namn	Företag
Magnus Eriksson	Stora Enso
Pär Hansson	Stora Enso
Lennart Per Mattsson	Stora Enso
Jan Runesson	Stora Enso
Stefan Bergqvist	Hultdin System
Sören Johansson	John Deere
Ove Sundberg	John Deere
Asko Hassinen	Waratah OM Oy
Samuli Jormainen	Waratah OM Oy
Hans-Erik Järveryd	JPS Teknik
Peter Sörell	JPS Teknik

Magnus Eriksson och Pär Hansson körde skördaren vid de detaljerade mätningarna av kaptid och energiåtgång. Petrus Jönsson, Björn Hannrup och Björn Löfgren har haft det övergripande ansvaret för planering och genomförande av studien. Olle Gelin utförde analyserna av kaptid per trisshalva.

Ett varmt tack till samtliga som bidragit till studiens genomförande!

Uppsala 2014

Petrus Jönsson

Innehåll

Förord.....	1
Sammanfattning.....	2
Inledning.....	3
Material och metoder.....	5
Genomförande och studieupplägg.....	6
Intrimning av inställningarna för sågenheterna.....	7
Detaljerade mätningar av kaptid, tryck, flöde, temperatur och varvtal.....	8
Beräknade variabler	11
Uteslutna observationer.....	12
Resultat och diskussion	12
Kaptid utifrån filmmaterialet.....	12
Kaptid för första och andra halvan av kapet	16
Kaptid utifrån mätningarna av hydrauloljetryck	18
Effekt och energiåtgång.....	21
Referenser.....	23

Sammanfattning

Kapning av stockar är ett centralt och tidsmässigt betydande moment i skördarnas arbete. Insatser som förkortar tiden för kapning har en direkt positiv effekt på skördarnas produktivitet men kan också medföra en gynnsam påverkan på virkesvärdet eftersom det finns ett samband mellan kaptiden och uppkomsten av kapsprickor.

Företaget JPS Teknik lanserade nyligen en ny sågenhet, R5500. Den nya sågenheten används tillsammans med en sågmotor som har en annan uppbyggnad och ett betydligt större displacement än de sågmotorer som vanligen används.

Det övergripande syftet med studien var att utvärdera den nya sågenheten med avseende på kaptid och energiåtgång. Utvärdering skedde genom jämförande mätningar på stockar och trissor kapade med den nya sågenheten, respektive sågenheten SuperCut 100, vilket kan betraktas som det dominerande alternativet för sågar i skördaraggregat vid tidpunkten för studiens genomförande.

Studien genomfördes i trakten av Nås i Dalarna med en skördare och ett nytt skördaraggregat från John Deere. Under den första delen av studien var sågenheten SuperCut 100 monterad på aggregatet tillsammans med en sågmotor på 20 cm³. Därefter skedde byte till sågenheten R5500 och en sågmotor på 34 cm³.

I studien gjordes detaljerade mätningar av kaptid, sågmotorns varvtal samt hydrauloljans tryck, flöde och temperatur. Dessa mätningar genomfördes under kapning av trissor vid vägkant. Resultaten från mätningarna på trissor kan sammanfattas enligt följande:

- För kaptidsmättet som inkluderade tiden från det att kedjan gick in i barken till dess att genomkapning skett hade R5500 en längre kaptid än SuperCut 100 över det studerade diameterintervallet (17-43 cm). För trissor med störst diameter var skillnaden som störst: 0,13 s (10 %). Skillnaden i kaptid mellan sågenheterna minskade med minskande diameter och vid diametern 17 cm nåddes en brytpunkt då sågenheterna uppnådde samma kaptid. Den generellt kortare kaptiden för SuperCut 100 förklarades av en högre initial kedjehastighet och en högre genomsnittlig kedjehastighet under kapförloppet i jämförelse med R5500.
- För båda sågenheterna var kaphastigheten något högre i den första än i den andra halvan av kapet. För den andra delen av kapet hade R5500 lägre kaphastighet än SuperCut 100 för diametrar över 20 cm. För att minimera risken för kapsprickor är det viktigt med en hög kaphastighet under den senare delen av kapet eftersom det är då kapsprickorna uppkommer.
- För kaptidsmättet som inkluderade tiden från det att kedjan började rotera till dess att genomkapning skett hade R5500 en kortare kaptid än SuperCut 100 för diametrar lägre än 28 cm. För diametrar över 28 cm var förhållandet mellan sågenheterna det omvända. Under svenska förhållanden sker den absoluta merparten av antalet kap för stockar med

en diameter under 28 cm. Detta innebär att sågenheten R5500 kan förväntas ge en kortare total kaptid än SuperCut 100 under den typ av produktionsförhållanden som råder i Sverige.

- Sågenheterna R5500 och SuperCut 100 hade mycket snarlik total energiåtgång per kap och det fanns ingen statistisk säkerställd skillnad mellan sågenheterna. Den momentana effekten under kapförloppet var lägre för R5500 än för SuperCut 100. Den längre kaptiden för kapet genom stammen för R5500 resulterade dock i att den totala energiåtgången per kap var mycket snarlik för de två sågenheterna. De små skillnader som noterades var inte statistiskt säkerställda.

Sammanfattningsvis visade resultaten av vår studie att den nya sågenheten R5500 hade likartad kaptid och energiåtgång som SuperCut 100, det såg-alternativ som dominerar på marknaden i dag.

Inledning

Ett av skördarnas viktigaste arbetsmoment är kapning av trädstammar. Vid slutavverkning uppgår kaptiden, det vill säga det renodlade moment då sågkedjan skär genom stammen, till cirka 11 % av skördarnas effektiva arbetstid (Personlig kommunikation: T. Brunberg, Skogforsk.). Insatser för att reducera kaptiden kan därmed ha en väsentlig påverkan på skördarnas produktivitet. Vidare kan sådana insatser påverka värdet av det producerade virket, eftersom det finns ett samband mellan kaptiden och uppkomsten av kapsprickor (Hannrup & Jönsson, 2010).

Sågmotorns styrning och utformning är sannolikt den enskilda faktor som har störst inverkan på skördarnas kaptid. Den sågmotor som varit den dominerande på marknaden under de senaste 10 åren har i grunden haft en elektronisk styrning av kedjehastigheten i kombination med ett fast matningstryck för svärdet men där olika skördartillverkare successivt arbetat fram olika lösningar för hydraulisk styrning av kedjehastigheten i kombination med adaptiva lösningar för svärdets matningstryck utifrån information om t.ex. aktuellt trädslag och diameter (Personlig kommunikation: A. Johansson, SP Maskiner). Under 2008 introducerade företaget Parker Hannifin en nyutvecklad sågmotor (F11-iP) med en integrerad hydraulisk styrning av svärdets matningstryck och kedjans hastighet. I en nyligen genomförd studie (Hannrup & Jönsson 2010) utvärderades den nya sågmotorn med avseende på kaptid och uppkomsten av kapsprickor. Jämförelser gjordes med utfallet för en konventionell sågmotor och i korthet visade resultaten att:

- F11-iP hade i genomsnitt 12 % kortare kaptid. Detta kan översättas till en produktivitetsökning för skördarens effektiva arbete på drygt 1 %.
- Det var stor skillnad mellan sågmotorerna när det gäller kedjehastigheten under kapförloppet. För F11-iP var kedjehastigheten påfallande jämn under kapförloppet och inga överslängar noterades. För den konventionella sågmotorn var det betydligt kraftigare fluktuationer med överslängar vid genomkapning.

- Beräkningar av den totala spricklängden per stock visade att andelen stockar med total spricklängd över sågverkens stötmån på 10 cm var 17 % för F11-iP medan den var 27 % för den konventionella sågmotorn. För stockar med toppdiameter över 250 mm, d.v.s. de stockar där kapsprickor är vanligast, var motsvarande siffror 22 och 49 % för de två sågmotorerna. Är dessa skillnader giltiga också för normala produktionsförhållanden bör de medföra en betydande påverkan på ekonomin vid produktion av trävaror, speciellt för sågverk med kundorderstyrd produktion.

Sammanfattningsvis indikerade alltså studien att det finns en potential för att med hjälp av nya tekniska lösningar för sågmotorer öka såväl skördarnas produktivitet som virkets värde. Vid tidpunkten för denna studie hade dock den nya sågmotorn, F11-iP, inte fått något större genomslag bland de ledande skördartillverkarna.

Företaget JPS Teknik AB har under 2012 lanserat en ny sågenhet (R5500). I sågenheten ingår drivhjul, svärd samt funktionalitet för svärdutmatning, kedjesmörjning och hydraulisk kedjespänning. Sågenheten används tillsammans med en ny sågmotor från Sunfab. I jämförelse med konventionella sågmotorer har den nya sågmotorn ett större displacement (34 cm³ i jämförelse med 20 cm³) och den arbetar med ett lägre varvtal. Enligt tillverkaren har den nya sågmotorn högre verkningsgrad och betydligt kortare kaptid (<http://www.jpsteknik.com>) än konventionella motorer. Det finns bland entreprenörer, skogsföretag och maskintillverkare ett stort intresse för den nya produkten och därmed en efterfrågan på objektiv information som beskriver sågenhetens prestanda i jämförelse med den typ av system som är dominerande på marknaden i dag.

Sågenheten SuperCut 100 (<http://www.hultdins.se/swe/index.htm>) tillverkas av Hultdins Systems AB. Sågenheten är tillgänglig med kolvmotorer eller innerkugghjulsmotorer i displacementen 10, 19, 20, 25 eller 32 cm³, där de vanligast förekommande kombinationerna är innerkugghjulsmotor med displacementet 20 cm³ och kolvmotor med displacementet 19 cm³. SuperCut 100 används av flera tillverkare av skördaraggregat, bland annat John Deere. Det kan därmed betraktas som det dominerande alternativet för sågar i skördaraggregat vid tidpunkten för studiens genomförande.

Syftet med studien var att utvärdera sågenheten R5500 med 34 cm³ sågmotor med avseende på kaptid och energiåtgång. Studien genomfördes som en parallelltest. Mätningar gjordes inledningsvis på stockar avverkade med sågenheten SuperCut 100 med 20 cm³ sågmotor. Därefter gjordes mätningar på stockar som avverkats med samma skördare men då SuperCut 100 med 20 cm³ sågmotor ersatts av sågenheten R5500 med en sågmotor på 34 cm³.

Ett centralt mål med studieupplägget var att genomföra mätningarna för de två sågsystemen under så lika förhållanden som möjligt.

Material och metoder

I studien jämförde två sågsystem:

1. Sågenheten R5500 från JPS Teknik AB med en axialkolvmotor på 34 cm^3 från Sunfab Hydraulics AB.
2. Sågenheten SuperCut 100 från Hultdin System AB med en innerkugg-hjulsmotor på 20 cm^3 från Bucher Hydraulics.

För båda sågsystemen bestod sågenheterna av svärd, drivhjul, system för svärd-utmatning, kedjesmörjning och hydraulisk kedjespänning samt sensorer för att möjliggöra styrning av kapförloppet.

De mest framträdande skillnaderna mellan de två sågenheterna var:

- Svärdets infästning. Till sågenheten R5500 användes ett nyutvecklat svärd från Iggesund Forest, vilket har en kraftigare svärdsinfästning i jämförelse med konventionella svärd (Figur 1).
- Drivhjulets storlek. För sågenheten R5500 användes under utvärderingen ett drivhjul på 20 kuggar medan ett drivhjul med 13 kuggar användes för sågenheten SuperCut 100.
- System för svärdsutmatning. De två sågenheterna har olika tekniska lösningar för att mata ut och trycka svärdet mot stammen under kapförloppet. Detta kan innebära att utmatningskraften under kapförloppet varierar mellan de två sågenheterna. Att i detalj utreda detta har dock legat utanför ramen för vår studie.

Den största skillnaden mellan de två sågsystemen var dock sågmotorernas (hydraulmotorernas) storlek och uppbyggnad. Sågenheten R5500 användes tillsammans med en axialkolvmotor med ett displacement på 34 cm^3 . Sågenheten SuperCut 100 användes tillsammans med en innerkugg-hjulsmotor med ett displacement på 20 cm^3 . Det större displacementet innebär att ett lägre varvtal kan användas med bibehållet moment för sågenheten R5500. Under testen användes ett varvtal vid sågning i stam på ca 5 400 varv/minut för sågenheten R5500 medan motsvarande varvtal var ca 8 900 varv/minut för SuperCut 100.



Figur 1.

Bild på de två svärd från Iggesund Forest som användes för sågenheten R5500 (underst i bild) respektive SuperCut 100 (överst i bild) under utvärderingen. Svärdet för R5500 har en kraftigare svärdsinfästning och var specialutrustat för vätskebehandling (raden med små hål).

GENOMFÖRANDE OCH STUDIEUPPLÄGG

Studien genomfördes strax söder om Nås i Dalarna på Bergvik Skogs mark med en skördare ägd av Stora Enso. Basmaskinen var en John Deere 1470E med mät- och styrsystemet Timbermatic H12 (programversion 1.17.13). Basmaskinen var cirka 3 år gammal och utrustad med ett nytt 480C skördaraggregat från John Deere. Skördaraggregatet levererades från fabrik under försommaren 2013 och var då förberett för att båda sågsystemen skulle kunna monteras på aggregatet. Efterföljande anpassningar på aggregatet gjordes under sommaren av JPS Teknik och John Deere. Driftsättning av aggregatet skedde i början av augusti och det kördes därefter i produktion fram till testtillfället (cirka 2 veckor). Under denna tidsperiod var sågenheten SuperCut 100 monterad på skördaraggregatet.

De detaljerade mätningarna utgjordes av kaptid, sågmotorns varvtal samt hydrauloljans tryck, flöde och temperatur. Dessa mätningar genomfördes under kapning av trissor vid väggkant.

De detaljerade mätningarna genomfördes under 2 dagar i augusti (21–22/8). Under *Dag 1* gjordes mätningarna med SuperCut 100 monterad på aggregatet. Under *Dag 2* gjordes motsvarande mätningar med R5500 monterad på aggregatet. Mätningarna beskrivs i detalj nedan.

Tabell 1.
Översikt över vilka mätdata som samlades in i studien samt insamlingstidpunkt.

Tidpunkt	Sågenhet	Insamlade mätdata	Kommentar
21/8	SuperCut 100	Kaptid, varvtal, tryck, flöde, temperatur	Kapning av trissor
22/8	R5500	Kaptid, varvtal, tryck, flöde, temperatur	Kapning av trissor

INTRIMNING AV INSTÄLLNINGARNA FÖR SÅGENHETERNA

I John Deeres styr- och mätsystem Timbermatic H12 finns omfattande inställningsmöjligheter för sågenheten. Inför de detaljerade mätningarna vid kapning av trissor gjordes ansträngningar för att ställa in sågenheterna optimalt. Arbetsgången vid inställningsarbetet var att personal från John Deere/Waratah varierade inställningarna för sågenheterna under mätning av kaptid med hjälp av mätutrustningen. Utifrån detta underlag togs sedan slutgiltigt beslut om vilka inställningar som skulle användas under testen. För SuperCut 100 togs beslut av Hultdin System i samråd med John Deere/Waratah. Motsvarande beslut för R5500 togs av JPS Teknik i samråd med John Deere/Waratah.

De parametrar som var i fokus under inställningsarbetet var kedjehastigheten, nivån på matningstrycket för svärdet, tiden för startfördröjningen samt inställningarna för ”soft cut”. För kedjehastigheten tilläts endast inställningar som gav en kedjehastighet på maximalt 40 m/s då svärdet träffade stammen. Startfördröjning innebär att kedjan börjar rotera innan svärdet matas ut och används för att accelerera upp kedjehastigheten innan svärdet når stammen. ”Soft cut” innebär att ett lägre svärdmatningstryck används under två perioder i svärdmatningscykel; *i*) under utmatningsförloppet för perioden från svärdets ”hemmaläge” till det att svärdet når stammen (”Soft cut Ut” i Tabell 2) och *ii*) under returförloppet för motsvarande period det vill säga från punkten där kapningen av stammen påbörjades till det att svärdet nått ”hemmaläge” (”Soft cut Hem” i Tabell 2). De inställningar som användes under de detaljerade mätningarna återfinns i Tabell 2.

Tabell 2.
Sammanställningar av de inställningar som användes för sågenheterna under de detaljerade mätningarna.

Sågenhet	Kedje- hastighet (m/s) ¹⁾	Start fördröjning (ms)	Svärdmatningstryck		Soft cut		Returtryck svärd (mA)
			(mA)	(bar)	Ut (mA)	Hem (mA)	
R5500	35	20	262	65	200	150	320
SuperCut 100	40	50	300	79,5	200	150	320

¹⁾ Med kedjehastighet avses hastigheten då svärdet träffade stammen.

För båda sågmotorerna användes ett hydrauloljetryck till motorn på 260 bar och ett flöde på 185 l/min.

DETALJERADE MÄTNINGAR AV KAPTID, TRYCK, FLÖDE, TEMPERATUR OCH VARVTAL

Inför testet fälldes två grövre granar, som sammanfördes vid bilväg. Därefter kapades första halvmeteren vid rotändan för varje stam eftersom dessa stamparter hade rotben och hög ovalitet.

Skördaren kvistade stammarna och apterade fram sju stockar per stam. I rotändan på varje stock kapades 2 trissor och vid kapningen mättes kaptid, sågmotorns varvtal samt tryck, flöde och temperatur på hydrauloljan före respektive efter sågmotorn. För att genomföra mätningarna under så lika förhållanden som möjligt kapades trissor från samma stockar för de två sågsystemen, det vill säga de stockar som användes för trisskapning med SuperCut 100 Dag 1 användes också Dag 2 då sågheten R5500 var monterad på aggregatet. Diametern på trissorerna (under bark) mättes genom korsklavning.

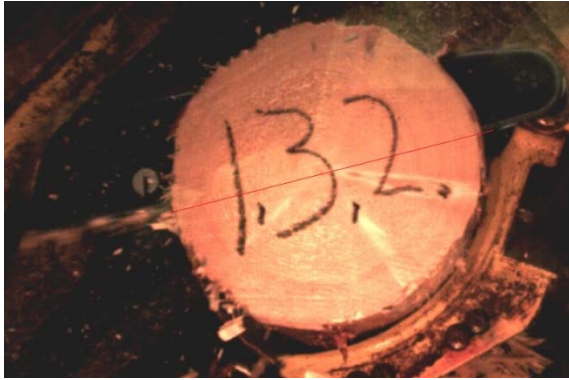
Byte till nytt svärd och ny kedja skedde då kapningen inleddes för de två sågsystemen. Genomgående användes en 2,0 mm kedja från Stihl med 87 drivlänkar ”40RMH”.

Mätningen av kaptid skedde med hjälp av filmning enligt en metodik som tidigare utvecklats vid Skogforsk (Skogforsk, 1999). Under kapning filmades kapförloppet med en höghastighetskamera (AOS Technologies, TRI-VII). Filmerna sparades ned på en bärbar dator. Genom att på filmerna räkna antalet bildrutor från det att kedjan gick in i barken till dess att trissan var helt avskild från stocken kunde kaptiden mätas upp (Figur 2). I studien definierade vi kaptid på detta sätt det vill säga från det att kedjan gick in i barken tills dess att trissan var helt avskild från stocken. Vid filmningen användes en ”frame rate” på 2 000 bilder per sekund det vill säga tiden mellan två bildrutor var en halv millisekund.



Figur 2.
Bilder från höghastighetskameran. I vänstra bilden har svärdet just gått in i barken. I den högra bilden har genomkapning just skett.

Utifrån filmmaterialet från höghastighetskameran gjordes också en ansats för att mäta tidsåtgången för den första, respektive andra halvan av kapet. Detta gjordes genom att identifiera den bildruta då svärdet hade en position som motsvarade genomförd kapning av halva arean för den aktuella trissan. Som stöd för denna identifiering drogs en linje mellan sågtändernas nedre kant på ömse sidor om trissan (Figur 2.1). Kapet ansågs vara till hälften genomfört för den bildruta där linjen träffade trissans märke.



Figur 2.1.
Bild från höghastighetskameran som illustrerar metodiken som användes för att identifiera när halva kapet var genomfört.

Sågmotorernas varvtal under kapförloppet mättes med en mekanisk pulsgivare som monterades på såglådan och anslöts med en flex-koppling monterad på kedjehjulets nav (Figur 3). Pulsgivaren gav 100 pulser per varv. Data loggades på en mät PC via ett mätkort med samplingsfrekvensen 500 Hz. För omvandling från frekvens till spänning användes en signalkonditionerare från DATAFORTH med modell beteckning SCM5B45-08.



Figur 3.
Pulsgivaren monterad för mätning av sågmotorns varvtal.

Mätning av hydrauloljans flöde, tryck och temperatur skedde med hjälp av två flödesgivare monterade före, respektive efter sågmotorn (Figur 4). På flödesgivarna (Hydac Electronic, EVS 3100) monterades temperaturgivare (Hydac Electronics, ETS 4000) samt ett tryckuttag. På tryck uttaget kopplades tryckgivare (Kyowa Electronic Instruments, PGM-500KH). Samplingsfrekvensen för givarna var densamma som för pulsgivaren för mätning av varvtal det vill säga 500 Hz.

För båda sågenheterna var hydrauloljans temperatur 38°C då mätningarna startade. Temperaturen ökade under kapningen av trissorna och vid avslutande av mätningarna var hydrauloljans temperatur 42°C för R5500 och 43°C för SuperCut 100.

Signalerna från samtliga givare (tryck, flöde, temperatur och varvtal) loggades med hjälp av ett mätsystem från Measurement Computing.



Figur 4.
Vänster bild: Givare monterad för mätning av hydrauloljans tryck, flöde och temperatur före respektive efter sågmotorn. Höger bild: Närbild på givare.

Under de detaljerade mätningarna var det nödvändigt att studiepersonalen befann sig nära mätutrustningen och därmed inom skördarens säkerhetszon. För att lösa säkerhetsproblematiken användes en tredelad skärmlösning från JPS Teknik med två yttersidor av plåt och en midsida av säkerhetsklassat glas (Figur 5).



Figur 5.
Bild på den tredelade skärmlösning från JPS Teknik som användes under de detaljerade mätningarna. Skärmen har två yttersidor av plåt och en midsida av säkerhetsklassat glasmaterial. Filmningen som gjordes för mätning av kaptid skedde genom glaspartiet.

BERÄKNADE VARIABLER

Omräkning från varvtal till kedjehastighet skedde enligt följande formel:

Kedjehastigheten (m/s) = Sågmotorns varvtal (varv/ minut) x antalet kuggar på drivhjulet x kedjedelningsfaktorn (0,00034).

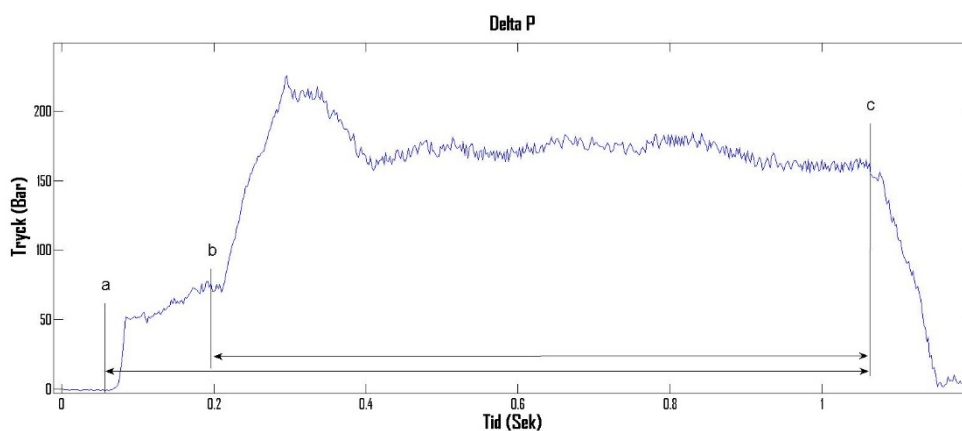
För sågenheten SuperCut 100 var antalet kuggar på drivhjulet 13 stycken medan motsvarande antal för R5500 var 20 stycken.

I studien använde vi tre olika mått på kaptid utifrån de detaljerade mätningarna under kapning av trissor:

1. $T_{\text{film}_{\text{trissa}}}$. Detta mått på kaptid var definierat som tiden från det att kedjan gick in i barken till dess att genomkapning skett. Måttet genererades utifrån filmmaterialet från höghastighetskameran genom att räkna antalet bildrutor från det att kedjan gick in i barken till dess att trissan var helt avskild från stocken. Tiden beräknades sedan genom att multiplicera antalet bildrutor med tiden mellan två bildrutor (0,5 ms).
2. $T_{\Delta P_{\text{Trissa}}}$. Detta mått på kaptiden genererades från mätningarna av hydrauloljans tryck före respektive efter sågmotorn. ΔP är den momentana skillnaden mellan trycket före och trycket efter sågmotorn. Under kapning har ΔP ett regelbundet mönster, vilket tydligt återspeglar det arbete som utförs under kapförloppet (se Figur 6). Då kedjan börjar rotera ökar ΔP långsamt (Figur 6, punkt a) medan en markant ökning uppkommer då kedjan går in i barken/veden (Figur 6, punkt b). Därefter stabiliseras ΔP under kapningen till dess att en markant minskning sker vid genomkapning (Figur 6, punkt c).

I vår studie definierade vi $T_{\Delta P_{\text{Trissa}}}$ som tiden mellan punkterna b och c och inkluderade alltså tiden från det att kedjan gått in i barken/veden till dess att genomkapning skett. $T_{\Delta P_{\text{Trissa}}}$ har alltså samma tidsmässiga definition som $T_{\text{film}_{\text{trissa}}}$.

3. $T_{\Delta P_{\text{Tot}}}$ definierades som tiden från det att kedjan började rotera till dess att genomkapning skett det vill säga tiden mellan punkt a och c. Detta mått inkluderade alltså även den initiala fasen, det vill säga tiden från det kedjan började rotera till det att kedjan gick in i barken/veden.



Figur 6.

Illustration av hur den momentana skillnaden mellan hydrauloljetrycket före och efter sågmotorn (ΔP) varierade under kapförloppet.

Den momentana effekten uttryckt i kilowatt (kW) beräknades som:

$$\text{Momentan effekt} = \Delta P \times Q / 600$$

där

ΔP är tryckskillnaden över sågmotorn (bar) och Q är flödet (l/min).

Den totala energiåtgången per kap beräknades genom att summera den momentana effekten från det att sågkedjan började rotera till dess att genomkapning skett (Figur 6, punkt a till punkt c).

Alla beräkningar i studien skedde med hjälp av programvaran MatLab (<http://www.mathworks.se/>).

UTESLUTNA OBSERVATIONER

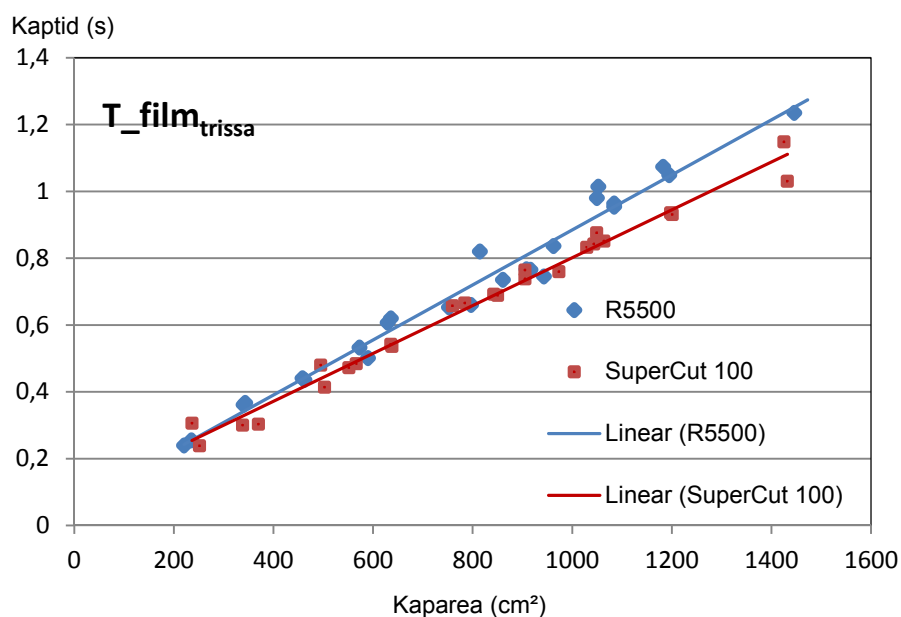
Efter en inledande analys och kontroll av data uteslöts mätdata från kap av två trissor, en trissa per sågenhet. För sågenheten R5500 uteslöts trissa nummer 2.1.2 på grund av att kapning skett i ett grenvarv (noterat vid mättillfället). Kaptiden för denna trissa var markant förhöjd. För sågenheten SuperCut 100 uteslöts trissa nummer 1.3.1 på grund av att tryckfallet över sågmotorn var markant avvikande i jämförelse med övriga kap. Även för detta kap var kaptiden markant förhöjd.

Resultat och diskussion

KAPTID UTIFRÅN FILMMATERIALET

I Figur 7 redovisas sambandet mellan kaparea och kaptid för de två sågenheterna baserat på mätningarna av kaptid på filmerna från höghastighetskameran. Det redovisade kaptidsmättet ($T_{\text{film}_{\text{trissa}}}$) relaterar till tiden från det att kedjan gick in i barken till dess att genomkapning skett. För detta kaptidsmätt fanns en tydlig tendens att sågenheten R5500 hade en längre kaptid än SuperCut 100 över det studerade kapareaintervall. Areaintervall sträckte sig från 220 cm² till 1 470 cm², vilket motsvarar diametrar mellan 17 cm och 43 cm.

Storleken på skillnaden i kaptid mellan sågenheterna varierade med kaparean. För den största kaparean var skillnaden i kaptid som störst, 0,13 s (10 %). Skillnaden i kaptid mellan sågenheterna minskade med minskande kaparea och för kaparean 200 cm nåddes en brytpunkt då sågenheterna uppnådde samma kaptid.



Figur 7.
Sambandet mellan kaparea och kaptid ($T_{\text{film}_{\text{trissa}}}$) för de två sågenheterna utifrån mätningarna på filmerna från höghastighetskameran. Se material och metoder för definition av kaptidsmättet.

Regressionslinjerna för sågenheternas samband mellan kaparea och kaptid finns inlagda i figur 7 och ekvationerna redovisas i Tabell 4. Skillnaden i regressionslinjernas lutning för de två sågmotorerna var statistiskt säkerställd på 5 %-nivån.

Tabell 4.
De två sågenheternas regressionslikvationer för sambandet mellan kaparea och kaptid ($T_{\text{film}_{\text{trissa}}}$) samt modellernas förklaringsgrader (R^2).

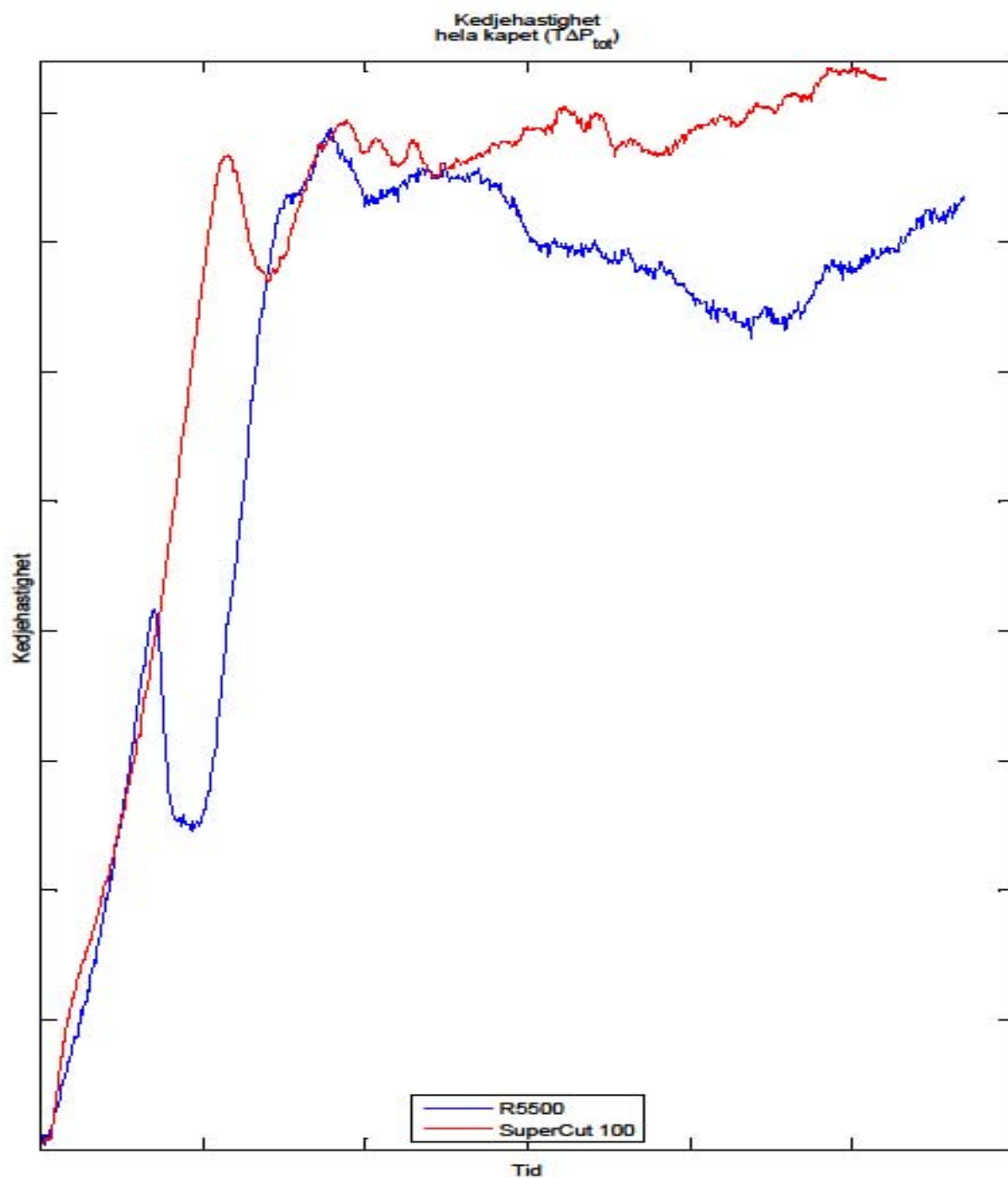
Sågenhet	Regressionslikvation ¹⁾	R^2
R5500	$T_{\text{film}_{\text{trissa}}} = 0,0612 + 0,00082354 \times \text{kaparea}$	0,97
SuperCut 100	$T_{\text{film}_{\text{trissa}}} = 0,08497 + 0,00071651 \times \text{kaparea}$	0,98

¹⁾ Enheterna för $T_{\text{film}_{\text{trissa}}}$ och kaparea är sekunder respektive cm^2 .

Varför skiljde sig då kaptiden åt för de två sågenheterna? Granskning av mätdata över kedjehastighet från de enskilda trisskapen visade att för båda sågenheterna har kedjehastigheten under kapning i grunden ett likartat förlopp; ett initialt minvärde nås strax efter att svärdet träffat stammen följt av en ökning och stabilisering av kedjehastigheten på en hög nivå under den resterande delen av kapet. I Figur 8 exemplifieras detta för ett kap per sågenhet. I vår studie fanns det två skillnader i kedjehastighet under kapförloppet mellan sågenheterna som sannolikt orsakade den observerade skillnaden i kaptid:

1. För R5500 var nivån på det initiala minvärdet för kedjehastigheten lägre än för SuperCut 100 (R5500: i genomsnitt ~ 12 m/s, SuperCut 100: i genomsnitt ~ 28 m/s). Detta är sannolikt en konsekvens av att en kortare startfördröjning användes för R5500 (20 ms) än för SuperCut 100 (50 ms), vilket innebär att kedjehastigheten var lägre för R5500 då svärdet träffade stammen (R5500: i genomsnitt ~ 20 m/s, SuperCut 100: i genomsnitt ~ 32 m/s). Den initialt högre kedjehastigheten för SuperCut 100 har sannolikt medfört att avverkningshastigheten är högre för denna sågenhet under den allra första delen av kapet, vilket bör ha bidragit till en kortare kaptid genom stammen.
2. Sågenheterna hade olika genomsnittlig kedjehastighet för den period då kedjehastigheten stabiliserats och som omfattade större delen av kapförloppet. För R5500 var kedjehastigheten i genomsnitt cirka 38 m/s för denna period. För SuperCut 100 var kedjehastigheten för motsvarande period i genomsnitt 40 m/s och det noterades att för cirka hälften av trissorna översteg den genomsnittliga kedjehastigheten 40 m/s.

De ovan diskuterade skillnaderna i kedjehastighet mellan sågenheterna är sannolika orsaker till att sågenheten R5500 hade längre kaptid än SuperCut 100 över det studerade diameterintervallet (17–43 cm). Utifrån data insamlade i studien har vi dock inte funnit någon tydlig förklaring till vad som orsakade att skillnaden i kaptid mellan sågenheterna tenderade att minska med minskande trissdiameter.



Figur 8.
 Illustration av hur kedjehastigheten för de två sågenheterna utvecklades under kapning av en trissa. För R5500 var mätdata hämtat från trissa 1.3.1 och för SuperCut 100 från trissa 1.2.2. Diametern för de två trissorna var 362 (R5500) respektive 360 mm (SuperCut 100). Enligt överenskommelse med medverkande företag redovisas inte den numeriska informationen.

KAPTID FÖR FÖRSTA OCH ANDRA HALVAN AV KAPET

För att minska risken för kapsprickor är det viktigt att kaptiden för den senare delen av kapet minimeras. I vår studie gjordes inga mätningar av kapsprickor men utifrån filmmaterialet från höghastighetskameran gjordes en ansats för att studera de båda sågenheternas kaptid för den första, respektive andra halvan av kapet. För båda sågenheterna fanns en tydlig tendens att kaphastigheten var lägre i den andra halvan av kapet än i den första halvan av kapet (Tabell 5). För R5500 utgjorde kaptiden för den andra halvan av kapet i genomsnitt 51 % av den totala kaptiden. För SuperCut 100 var motsvarande medelvärde 53 %.

Tabell 5.
Genomsnittlig andel av total kaptid för andra halvan av kapet samt genomsnittlig kaphastighet för första respektive andra halvan av kapet för de två sågenheterna.

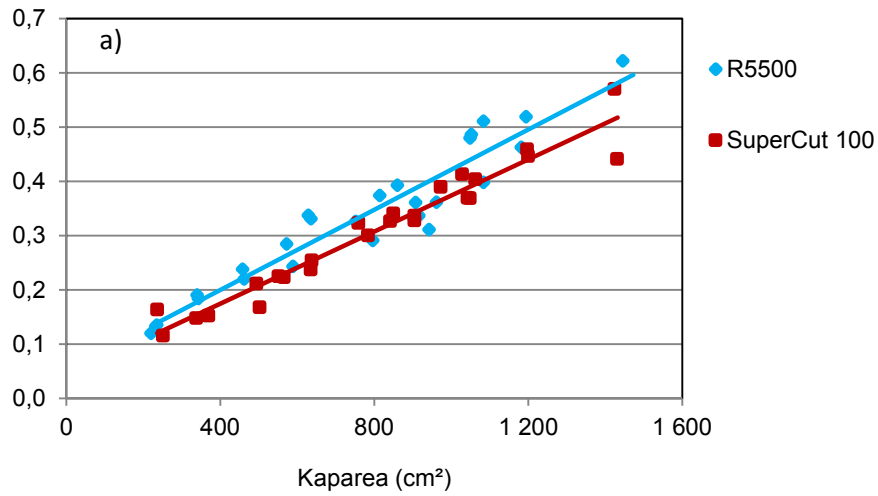
Sågenhet	Andel av total kaptid ¹⁾ för andra halvan av kapet (%)	Genomsnittlig kaphastighet (cm ² /s)	
		Första halvan	Andra halvan
R5500	51,0	1 124	1 071
SuperCut 100	53,1	1 275	1 121

¹⁾ Med total kaptid avses kaptidsmättet $T_{\text{filmtrissa}}$.

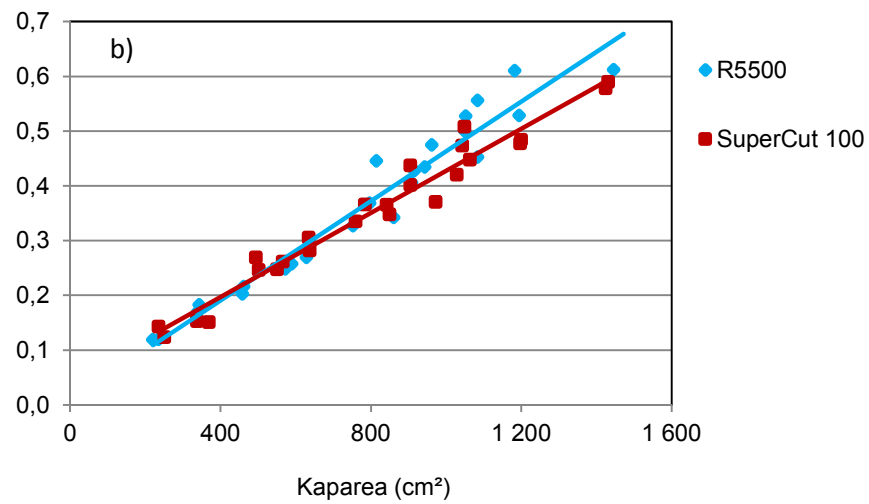
I Figur 9 redovisas de två sågenheternas samband mellan kaparea och kaptid för den första respektive den andra halvan av kapet. För den första halvan av kapet hade SuperCut 100 genomgående en kortare kaptid. För den andra halvan av kapet hade R5500 en kortare kaptid än SuperCut 100 för kapareor lägre än 300 cm² (motsvarar en diameter på cirka 20 cm) medan det omvända gällde för högre kapareor.

Kapsprickor uppkommer framför allt under den sista tredjedelen av kapet och risken för att längre kapsprickor ska bildas ökar markant för stockar med en diameter över 25 cm (Hannrup & Jönsson, 2010). I vår studie var kaptiden för grövre stockar (>20 cm) längre för R5500 för den tidsperiod då huvuddelen av kapsprickorna uppkommer (Figur 15b). Våra mätdata indikerar alltså att risken för uppkomst av kapsprickor bör vara högre vid kapning med R5500 än vid kapning med SuperCut 100. Det bör dock poängteras att denna slutsats är av indikativ karaktär eftersom direkta mätningar av kapsprickor inte gjordes i vår studie.

Kaptid första halvan av trissan (s)



Kaptid andra halvan av trissan (s)

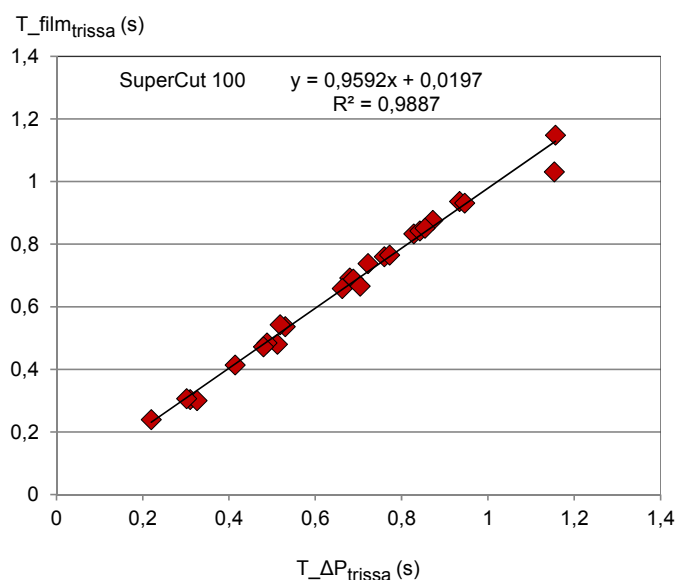
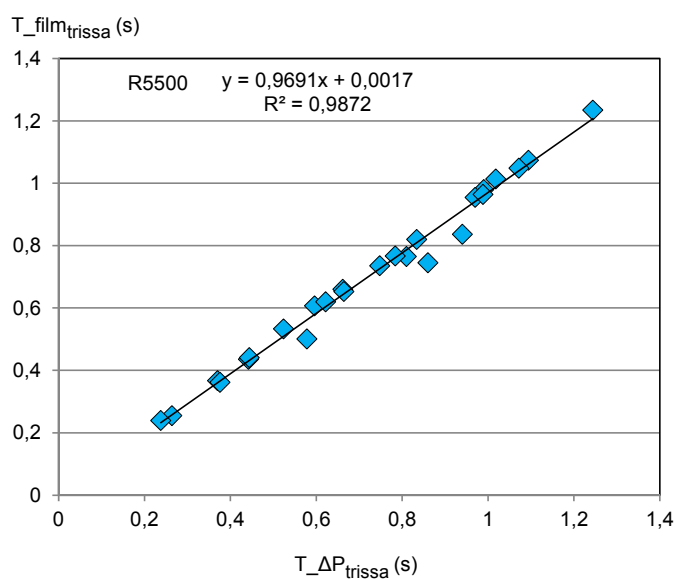


Figur 9.

De två sågenheternas samband mellan kaparea och kaptiden för: a) första halvan av kapet och b) andra halvan av kapet.

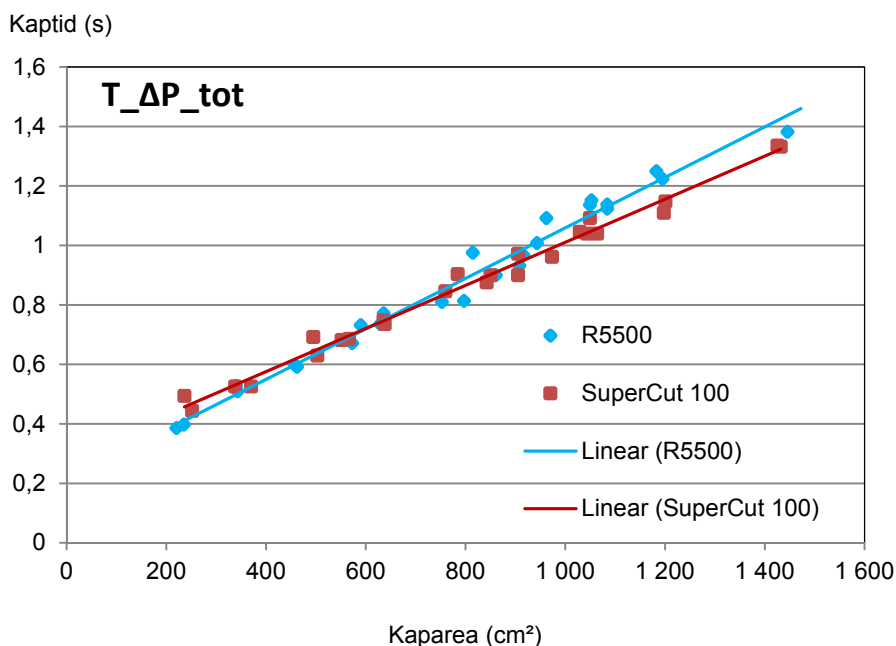
KAPTID UTIFRÅN MÄTNINGARNA AV HYDRAULOLJETRYCK

I vår studie användes två mått på kaptiden framtagna utifrån mätningarna av hydrauloljans tryck före, respektive, efter sågmotorerna. Skillnaden mellan dessa två tryck (ΔP) återspeglar det sågarbete som utfördes under kapförloppet (se Material o metoder). Kaptidsmättet $T_{\Delta P_{trissa}}$ hade samma tidsmässiga utsträckning som $T_{film_{trissa}}$ det vill säga tiden för kapning genom stammen och dessa två mått uppvisade ett starkt samband (Figur 10). I vår studie betraktar vi kaptiden utifrån mätningarna på filmmaterialet från höghastighetskameran som det mesta precisa måttet på kaptid men det starka sambandet mellan $T_{film_{trissa}}$ och $T_{\Delta P_{trissa}}$ indikerar att $T_{\Delta P_{trissa}}$ är ett mått som kan förväntas ge närmast identisk mätinformation.



Figur 10. Sambandet mellan kaptid utifrån filmmaterialet ($T_{film_{trissa}}$) och kaptid utifrån tryckskillnaden över sågmotorn ($T_{\Delta P_{trissa}}$) för de två sågenheterna.

I Figur 11 redovisas sambandet mellan kaparea och kaptidsmättet ($T_{\Delta P_{Tot}}$), vilket inkluderar en större del av kapcykeln. $T_{\Delta P_{Tot}}$ definierades som tiden från det att kedjan började rotera till dess att genomkapning skett och inkluderar alltså till skillnad från $T_{film_{trissa}}$ även perioden från det att svärdet är i ”hemmaläge” till dess att kapning av stammen påbörjats. För kaptidsmättet $T_{\Delta P_{Tot}}$ tenderade R5500 att ha en kortare kaptid än SuperCut 100 för mindre kapareor och längre kaptid för större kapareor. Brytpunkten fanns vid cirka 615 cm² vilket motsvarar en diameter på 28 cm.



Figur 11. Sambandet mellan kaparea och kaptid ($T_{\Delta P_{tot}}$) för de två sågenheterna utifrån mätningarna av tryckskillnaderna över sågmotorerna. Se material och metoder för definition av kaptidsmättet.

Regressionslinjerna för sågenheternas samband mellan kaparea och kaptidsmättet $T_{\Delta P_{Tot}}$ finns inlagda i Figur 10 och ekvationerna redovisas i Tabell 6. Skillnaderna i regressionslinjernas lutning och intercept för de två sågmotorerna var statistiskt säkerställda på 5 %-nivån.

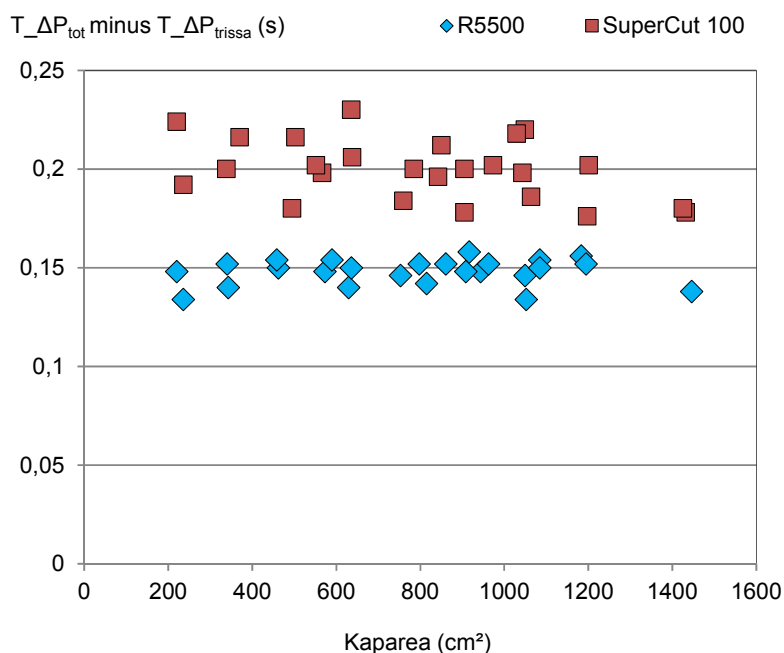
Tabell 6. De två sågenheternas regressionslikvationer för sambandet mellan kaparea och kaptid ($T_{\Delta P_{tot}}$) samt modellernas förklaringsgrader (R^2).

Sågenhet	Regressionslikvation ¹⁾	R^2
R5500	$T_{\Delta P_{tot}} = 0,20974 + 0,0008493 \times \text{kaparea}$	0,98
SuperCut 100	$T_{\Delta P_{tot}} = 0,28559 + 0,00072474 \times \text{kaparea}$	0,99

¹⁾ Enheterna för $T_{\Delta P_{tot}}$ och kaparea är sekunder respektive cm².

Huvudorsaken till att relationen mellan de två sågenheterna var olika för kaptidsmåtten $T_{\Delta P_{Tot}}$ och $T_{film_{trissa}}$ var att tiden från det att kedjan började rotera till dess att kapning av stammen påbörjats varierade mellan sågenheterna. Tiden från det att kedjan började rotera till dess att kapning av stammen påbörjats beräknades i vår studie som differensen mellan $T_{\Delta P_{tot}}$ och

$T_{\Delta P_{trissa}}$ och för R5500 var denna tid i genomsnitt 0,15 sekunder medan den var 0,20 sekunder för SuperCut 100. För båda sågenheterna var tiden likartad över det studerade kapareaintervall (Figur 12) även om det för SuperCut 100 fanns en tendens att tiden ökade med minskande kaparea.



Figur 12.
Tiden från kedjan började rotera till svärdet träffade stammen plottat mot kaparean för de två sågenheterna. Tiden var beräknad som $T_{\Delta P_{tot}}$ minus $T_{\Delta P_{trissa}}$.

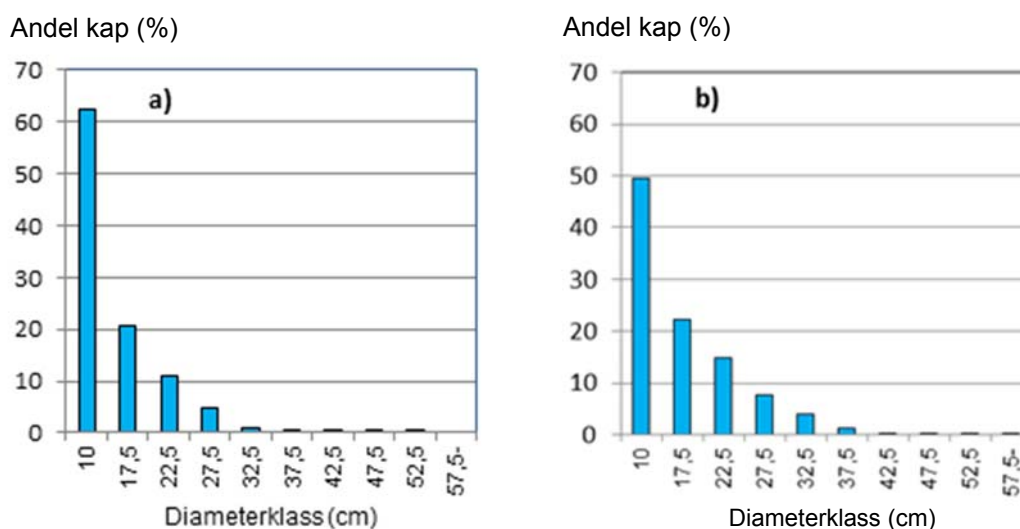
Vilken sågenhet kan då förväntas ge den kortaste totala kaptiden under normala produktionsförhållanden? Resultaten i vår studie indikerar att svaret på denna fråga kommer att vara beroende på diameterfördelningen för de kapade stockarna eftersom relationen mellan sågenheterna varierade med kaparean. SuperCut 100 hade kortare kaptid för kaptidsmättet relaterat till halva kapcykeln för diametrar över 28 cm medan förhållandet mellan sågenheterna var det omvända för diametrar under 28 cm.

I Figur 13 redovisas resultat av en analys av stockarnas diameterfördelning för två slutavverkningskördare. Dels skördaren som användes under utvärderingen (Figur 13a) samt en skördare som är lokaliserad i södra Sverige (Figur 13b). För båda skördarna utgörs det analyserade underlaget av ett års produktion. I underlaget ingår endast apteringskap det vill säga fällkapen är inte inkluderade men detta bör ha haft en marginell inverkan på de redovisade fördelningarna.

För skördaren som användes under utvärderingen så skedde den absoluta merparten av kapet i stockar med en diameter under 28 cm (Figur 13a). Detsamma gällde för skördaren i södra Sverige (Figur 13b) och där de avverkade träden hade en medelstam på 0,5 m³, vilket är en representativ stamstorlek för slutavverkningskördare i södra Sverige (Personlig kommunikation: T. Brunberg,

Skogforsk). Vår begränsade analys indikerar alltså att för skördare som avverkar under svenska förhållanden så sker den absoluta merparten av kapen för stockar med en diameter under 28 cm.

Sammanfattningsvis innebär detta att sågenheten R5500 kan förväntas ge den kortaste totala kaptiden under den typ av produktionsförhållanden som råder i Sverige. Denna slutsats utgår från studiens resultat för kaptidsmättet $T_{\Delta P_{Tot}}$, vilket inkluderar tiden för halva kapcykeln. Slutsatsen baseras därför på antagandet att tiden för svärdet att återvända till ”hemmaläge” efter att genomkapning skett är konstant mellan sågenheterna.

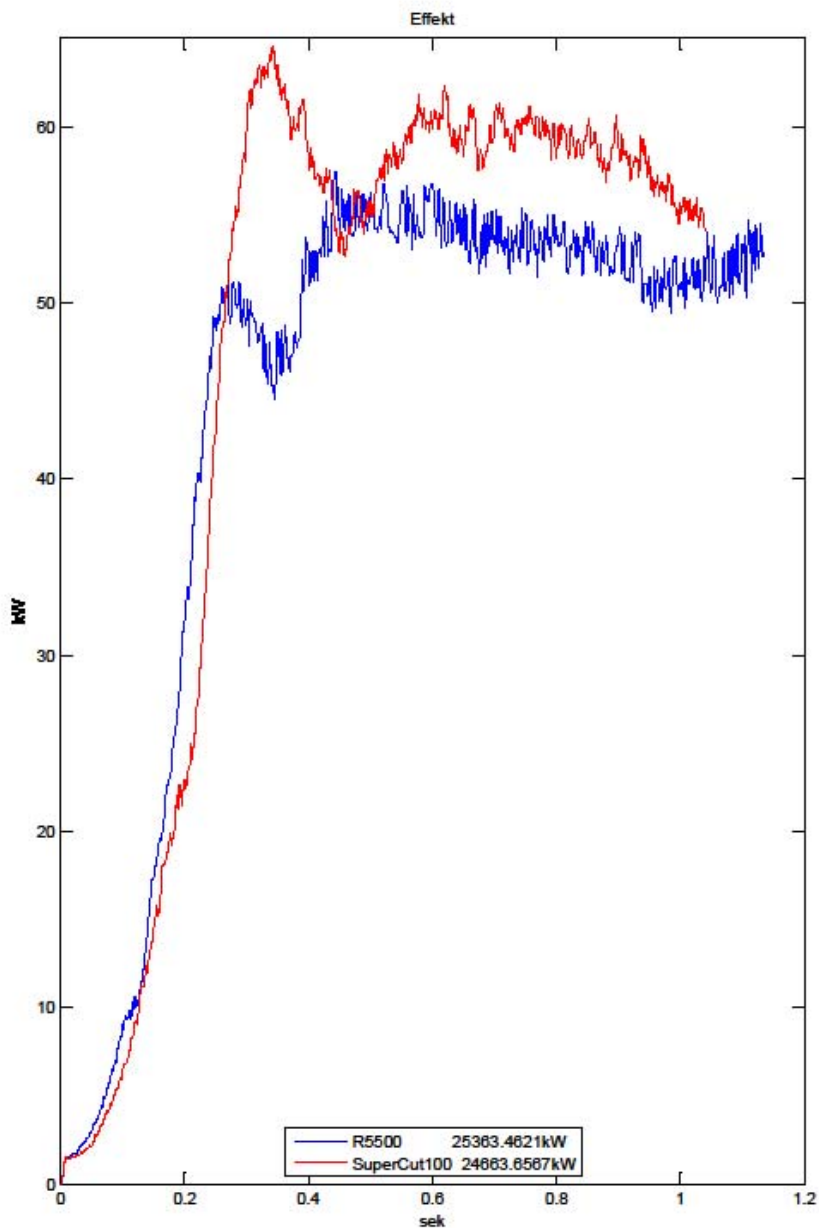


Figur 13.

Andel kap för stockar i olika diameterklasser för: a) skördaren som användes i utvärderingen och b) en skördare i södra Sverige med en medelstam på 0,5 m³. För båda skördarna utgjordes underlaget av ett års produktion och inkluderade enbart apteringskap d.v.s. fällkap var exkluderade.

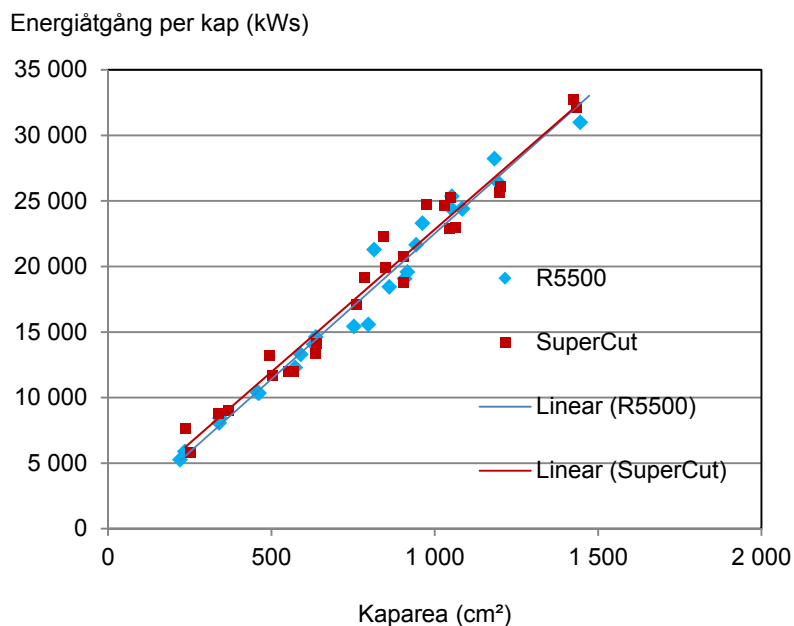
EFFEKT OCH ENERGIÅTGÅNG

I Figur 14 redovisas exempel på hur den momentana effekten utvecklades vid kap av en trissa per sågenhet. För den del av kapet då effekten stabiliserats (den initiala delen av kapförloppet exkluderat) så hade R5500 en lägre momentan effekt än SuperCut 100. Detta förhållande var generellt sett över samtliga kap och för R5500 låg nivån i genomsnitt på 52 kW medan den i genomsnitt var 57 kW för SuperCut 100. Den högre momentana effekten för SuperCut 100 var sannolikt kopplat till den högre genomsnittliga kedjehastigheten för denna sågenhet, se diskussion ovan.



Figur 14.
Illustration av hur den momentana effekten för de två sågenheternas utvecklades under kap av en trissa. För R5500 var mätdata hämtat från trissa 1.3.1 och för SuperCut 100 från 1.2.2. Diametern för de två trissorna var 366 (R5500) respektive 362 mm (SuperCut 100).

Den totala energiåtgången per kap är en funktion av den momentana effekten och kaptiden. För R5500 var den momentana effekten lägre men tiden för kap genom stammen längre i jämförelse med SuperCut 100 (Figur 14). Sammantaget resulterade detta i att den totala energiåtgången per kap var mycket snarlik för de två sågenheterna. I Figur 15 redovisas sambandet mellan kaparea och total energiåtgång per kap för de två sågenheterna. I figuren finns också regressionslinjerna för sambanden inlagda och ekvationerna redovisas i Tabell 7. Det fanns ingen statistiskt säkerställd skillnad mellan regressionslinjerna.



Figur 15. Sambandet mellan kaparea och total energigång per kap för de två sågenheterna.

Tabell 7. De två sågenheternas regressionslikningar för sambandet mellan kaparea och total energigång per kap samt modellernas förklaringsgrader (R^2).

Sågenhet	Regressionslikning ¹⁾	R^2
R5500	Total energigång = $287,75 + 22,23 \times \text{kaparea}$	0,97
SuperCut 100	Total energigång = $1\,084,64 + 21,74 \times \text{kaparea}$	0,97

¹⁾ Enheterna för total energigång och kaparea är kW respektive cm^2 .

En skillnad i energigång för en specifik kaparea skulle indikera att det fanns skillnad i verkningsgrad mellan de sågmotorer som används i de två sågsystemen. De tekniska specifikationer som varit tillgängliga i vår studie indikerar att den volymetriska och den hydraulmekaniska verkningsgraden för sågmotorn på 34 cm^3 som användes tillsammans med sågenheten R5500 är 99 respektive 88 % vid ett varvtal på 5 400 varv/ minut och en tryckskillnad över motorn på 240 bar. För sågmotorn på 20 cm^3 som användes tillsammans med sågenheten SuperCut 100 är den volymetriska och hydrauliska verkningsgraden vid ett varvtal på 8 900 varv/ minut och en tryckskillnad över motorn på 240 bar 94 respektive 88 %. Enligt tillgängliga tekniska specifikationer över volymetrisk och hydraulmekanisk verkningsgrad kan alltså sågenheten R5500 förväntas ha en något lägre energigång. Detta har dock inte gått att styrka utifrån de mätdata som samlats in i vår studie.

Referenser

Hannrup, B & Jönsson, P. 2010. Utvärdering av sågmotorn F11-iP med avseende på uppkomsten av kapsprickor – en jämförande studie. Arbetsrapport från Skogforsk. Nr 708-2010.

Skogforsk 1999. Gör din egen film om kapsprickor. Skogforsk Nytt nr 1. 8 s.

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2013

2013

- Nr 786 Grönlund, Ö. & Eliasson, L. 2013. Knivslitage vid flisning av grot. Effects of knife wear on performance and fuel consumption for a small drum chipper. 12 s.
- Nr 787 Sonesson, J. & von Hofsten, H. 2013. Effektivare fältarbete med nya datakällor för skogsbruksplanering.
- Nr 788 Bhuiyan, N., Arlinger, J. & Möller, J.J. 2013. Kvalitetssäkring av beräkningsresultat från hprCM och konvertering av pri- till hpr-filer. – Quality assurance of calculation results from hprCM and conversion of prifiles to hpr files. 24 s.
- Nr 789 Brunberg, T. 2013. Bränsleförbrukningen hos skördare och skotare 2012. – Fuel consumption in forest machines 2012. 12 s.
- Nr 790 Eliasson, L. 2013. Skotning av hyggestorkad grot. 11 s.
- Nr 791 Andersson, G. & Frisk, M. 2013. Skogsbrukets transporter 2010. – Forestry transports in 2010. 91 s.
- Nr 792 Nordström, M. & Möller, J.J. 2013. Kalibrering av skördarens mätsystem. – En kartläggning av nuläge och utvecklingsbehov. A review of current status and development needs. 15 s.
- Nr 793 Lombardini, C., Granlund, P. & Eliasson, L. 2013. Bruks 806 STC. 0150 – Prestation och bränsleförbrukning. 9 s.
- Nr 794 Fridh, L. 2013. Kvalitetssäkrad partsmätning av bränsleved vid terminal. – Quality-assured measurement of energy wood at terminals.
- Nr 795 Hofsten von, H. & Brantholm, M.-Å. 2013. Kostnader och produktivitet i stubbskörd – En fallstudie. Productivity and costs in stump harvest systems – A case study. 9 s.
- Nr 796 Brunberg, T. & Iwarsson Wide, M. 2013. Underlag för prestationshöjning vid flerträds-hantering i gallring. – Productivity increase after multi-tree handling during thinning. 7 s.
- Nr 797 Spatial distribution of logging residues after final felling. – Comparison between forest fuel adapted final felling and conventional final felling methods. Trädresternas rumsliga fördelning efter slutavverkning. – Jämförelse mellan bränsleanpassad och konventionell avverkningsmetod. 19 s.
- Nr 798 Möller, J.J., Arlinger, J. & Nordström, M. 2013. Test av StanForD 2010 implementation i skördare.
- Nr 799 Björheden, R. 2013. Är det lönsamt att täcka groten? Effekten av täckpappens bredd på skogsbränslets kvalitet. – Does it pay to cover forest residue piles? The effect of tarpaulin width on the quality of forest chips. 15 s.
- Nr 800 Almqvist, C. 2013. Metoder för tidig blomning hos tall och gran. – Slutrapport av projekt 40:4 finansierat av Föreningen skogsträdsförädling. – Early strobili induction in Scots pine and Norway spruce. – Final report of Project no. 40:4, funded by the Swedish Tree Breeding Association. 26 s.
- Nr 801 Brunberg, T. & Mohtashami, S. 2013. Datoriserad beräkning av terrängtransportavståndet. – Computerised calculation of terrain transport distance. 8 s.
- Nr 802 Sonesson, J., Eliasson, L., Jacobson, S., Wilhelmsson, L. & Arlinger, J. 2013. Analyses of forest management systems for increased harvest of small trees for energy purposes in Sweden. – Analys av skogsskötselsystem för ökat uttag av klenräd som bränslesortiment 32 s.

- Nr 803 Edlund, J., Jonsson, R. & Asmoarp, V. 2013. Fokusveckor 2013 – Bränsleuppföljning för två fordon inom ETTdemo-projektet, ST-kran och ST-grupp. – Monitoring fuel consumption of two rigs in the ETTdemo project, ST-crane and ST-group. 22 s.
- Nr 804 Iwarsson-Wide, M., Olofsson, K., Wallerman, J., Sjödin, M., Torstensson, P. O., Aasland, T., Barth, A. & Larsson, M. 2013. Effektiv volymuppskattning av biomassa i vägkanter och ungskogar med laserdata. – Effective estimate of biomass volume on roadsides and in young forests using laser data 40 s.
- Nr 805 Iwarsson-Wide, M., L., Bäfver, Renström, C. & SwedPower, P. 2013. Fraktionsfördelning som kvalitetsparameter för skogsbränsle – Kraft- och värmeverkens perspektiv. 38 s.
- Nr 806 Englund, M. & Jönsson, P. 2013. LED-lampor i såglådan – En pilotstudie. – LED lamps in the saw box – A pilot study. 8 s.
- Nr 807 Nordlund, A., Ring, E., Högbom, L. & Bergkvist, I. 2013. Beliefs among Formal Actors in the Swedish Forestry Related to Rutting Caused by Logging Operations. – Attityder och åsikter med koppling till körskador inom olika yrkesgrupper i skogsbruket 18 s.
- Nr 808 Arlinger, J. & Jönsson, P. 2013. Automatiska tidsstudier i skogsmaskinsimulator. – Driftuppföljning och produktionsdata enligt StanFord 2010. Automatic time-studies in forest machine simulators – Operational monitoring and production data according to StanForD 2010. 10 s.
- Nr 809 Englund, M., Mörk, A. & Jönsson, P. 2013. Skotartävling på Elmia – Kran- och motorinställningars påverkan på bränsleförbrukning och tidsåtgång. Forwarder contest at Elmia. – Effect of crane and engine settings on fuel consumption and speed of work. 9 s.
- Nr 810 Eliasson, L., Lombardini, C., Lundström, H. & Granlund, O. 2013. Eschlböck Biber flishugg – Prestation och bränsleförbrukning – Rangering av fliscontainrar med en John Deere 1410 containerskyttel.
- Nr 811 Eliasson, L. 2013. En simulering av en integrerad skördare för förpackad flis vid energiuttag i gallring. – Simulation of an integrated harvester for pre-packaged chips during energy harvest in early thinning. 16 s.
- Nr 812 Englund, M. 2013. Test av stolar och tillbehör med avseende på helkroppsvibrationer. Test of seats and associated equipment in terms of whole-body vibrations. 32 s.
- Nr 813 Enström, J., Athenasiadis, D., Grönlund, Ö. & M. 2013. Framgångsfaktorer för större skogs bränsleterminaler. – Success factors for larger energy wood terminals. 37 s.
- Nr 814 Wennström, U. 2013. Holmens fröbehov, produktion och genetisk kvalitet 2012-2060. – Holmen's seed requirements: production and genetic quality 2012–2060. 50 s.
- Nr 815 Hannrup, B., Andersson, M., Larsson, J., Sjöberg, J. & Johansson, A. 2013. Slutrapport för projekt "Beröringsfri diametermätning i skördare – Utveckling av skräpreducerande skydd". Final report of the project 'Hands-free measurement of stem diameter in harvesters. – Development of waste-reducing protection'. 71 s.
- Nr 816 Eriksson, E. & Täljblad, M. 2013. Prekal – Självföryngring före slutavverkning. – Slutrapport Försök 1–6. Prekal. – Natural regeneration before final felling. Final report, Experiments 1–6. 28 s.

2014

- Nr 817 John Arlinger, Torbjörn Brunberg, Hagos Lundström och Johan Möller. Jämförelse av JD1170E och JD1470E i slutavverkning hos SCA Skog AB hösten 2013. Comparison of JD1170E and JD1470E in final felling at SCA Skog AB, autumn 2013. 29 s.
- Nr 818 Bergkvist, I., Friberg, G., Mohtashami, S. & Sonesson, J. 2014. STIG-projektet 2010–2014. The STIG Project, 2010-2014. 19 s.
- Nr 819 Björheden, R. 2014. Studie av Fixteri FX15a klenträdsbuntare. Study of Fixteri FX15a small-tree bundling unit.
- Nr 820 Löfroth, C. & Brunberg, T. 2014. Bränsleförbrukningen hos rundvirkesfordon 2008 och 2013. Fuel consumption of roundwood vehicles in 2008 and 2013. 12 s.
- Nr 821 Jönsson, P., Hannrup, B., Gelin, O. & Löfgren, B. 2014. Utvärdering av sågenheten R5500 med avseende på kaptid och energiåtgång. Evaluation of the R5500 sawing unit in terms of bucking time and fuel consumption. 24 s.

SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiftelsen, 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.

Från Skogforsk nr. 821–2014



www.skogforsk.se