

Stor eller större? En jämförelse mellan Komatsu 931 och 951 i slutavverkning

A comparison of two harvesters in final felling: Komatsu 931 and 951



Två stora slutavverkningsskördare, Komatsu 931 med aggregat 365 (t.v.) och Komatsu 951 med aggregat C144 (t.h.).
Foto: Hagos Lundström, Skogforsk.

Abstract

In a study conducted at SCA Skog AB, two Komatsu harvesters were compared – the 951 with a C144 head and the 931 with a 365 head. Both harvesters are relatively large and powerful: the 951 is the larger of the two, from 23.6 tonnes and with an engine power of 210 kW, compared with the 931, which weighs from 19.6 tonnes and has an engine power of 185 kW. The comparison involved performance, felling cost, dimension measurement, bucking, and the operators' general impressions of the machines. The tests were carried out in the fall 2015 on a spruce-dominated final felling site near Kälarne in Jämtland, with a mean stem size of 0.3 m³sub.

Another part of the study involved comparing a time study using automatic data collection (ADC) based on StanForD 2010 with the conventional time study forming the basis of the performance assessment.

Felling cost was somewhat lower for the larger machine, the Komatsu 951, an average of SEK 20.3/m³sub compared with SEK 20.8/m³sub for the Komatsu 931 for the mean stem size used in the study. The difference would probably be greater with larger trees. However, these theoretical differences in costs are very small compared with those noted between different operators in a follow-up ADC study of the Komatsu 951. Ensuring that operators have a good knowledge of methods and an ability to maintain and calibrate the harvester is therefore a more effective way to reduce felling costs than simply choosing a certain harvester model.

The operators perceived the larger machine as more comfortable, with better dampening of vibrations. The smaller 365 head felt nimbler and more flexible in felling smaller or crooked trees, but the greater traction of the C144 head was appreciated when working with larger trees.

Both machines performed well in terms of utilising timber value, with a marginal advantage for the 365 head, probably a result of slightly better calibration. The bucking yield index was almost identical – 97.4 % for the 931/365 compared with 97.3 % for the 951/C144.

The lengths produced in distribution bucking followed the desired pattern, and both machines produced timber and tops of approximately the same diameter in the distribution bucking test.

The application of ADC based on StanForD 2010 for automatic time studies worked well, but the resolution regarding work processes could not match that of conventional manual time studies. A combination of conventional studies and qualitative assessments by an experienced time study official, and more developed ADC technology, could significantly improve the information base in all areas in which time studies are used.



skogforsk

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se

©Skogforsk 2018 ISSN 1404-305X

Förord

Den beskrivna studien genomfördes av Skogforsk i samarbete med SCA Skog och Komatsu Forest i månadsskiftet september-oktober 2015. Vi vill tacka alla medverkande för stort engagemang och fint samarbete. Ett särskilt omnämnande förtjänar Simon Hellgren (SCA Skog), Ludwig Nyberg och Patric Andersson (Putte Anderssons Skogsentreprenad AB), Anton Brantholm (B-O Brantholms Avverkningar AB), samt Tobias Ettemo, Halvard Olderlund och Peter Assarsson (Komatsu Forest).

Uppsala i juli 2018,

Maria Nordström, projektledare

Innehåll

Abstract.....	2
Förord	3
Sammanfattning.....	5
Bakgrund	6
Syfte och mål.....	6
Material och metoder	7
Jämförda maskiner.....	7
Objekt.....	8
Tidsstudier	9
Manuell tidsstudie	9
Tidsstudie genom automatiserad datainsamling (ADI)	9
Momentindelning och datahantering vid ADI	10
Mätning av längd och diameter.....	13
Aptering	13
Prislistor och inställningar	14
Fördelningsaptering.....	14
Resultat	15
Manuell tidsstudie	15
Flerträdshantering.....	16
Bränsleförbrukning.....	16
Mätning av längd och diameter.....	17
Längdmätning.....	17
Diametermätning.....	17
Stamhållning	17
Kalibreringsmetodik	18
Aptering	20
Värdeaptering	20
Längdutfall värdeaptering	22
Fördelningsaptering.....	22
Jämförelse av konventionell tidsstudie och tidsstudie genom automatiserad datainsamling (ADI)	24
Uppföljning med ADI av K951 i normal drift.....	27
Förarnas upplevelse.....	28
Diskussion	29
Slutsatser	31
Referenser.....	32
Bilaga 1.....	33
Bilaga 2	34

Sammanfattning

I en studie hos SCA Skog AB jämfördes två skördare från Komatsu, 951 med C144-aggregat och 931 med 365-aggregat. Båda skördarna är relativt stora och kraftfulla, 951 är den större, från 23,6 ton och med 210 kW motoreffekt emot 931 som väger från 19,6 ton och har en motoreffekt på 185 kW. Jämförelsen omfattade prestation, drivningskostnad, dimensionsmätning, aptering samt testförarnas allmänna intryck av maskinerna. Testerna genomfördes hösten 2015 i ett grandominerat slutavverkningsobjekt nära Kälarne i Jämtland med en medelstam på 0,30 m³fub.

Dessutom testades att genomföra en tidsstudie genom automatisk datainsamling (ADI) baserat på StanForD 2010 som jämfördes med den konventionella tidsstudie som utgjorde basen för prestationsbedömningen.

Resultaten visar på en något lägre avverkningskostnad för den större maskinen, Komatsu 951, som landade på en snittkostnad på 20,3 kr/m³fub jämfört med Komatsu 931 som kalkylerades till 20,8 kr/m³fub vid studiens medelstam, 0,3 m³fub. Denna fördel kan sannolikt öka vid hantering av grövre skog. Dessa teoretiska kostnadsskillnader är mycket blygsamma jämfört med de kostnadsskillnader som noterades mellan olika förare i en uppföljande ADI-studie av K951. God metodkunskap och förmåga att underhålla och kalibrera skördaren är därmed ett mera verksamt medel för ett gott slutresultat än valet av skördarmodell.

Förarna upplevde den större maskinen som mer komfortabel och med bättre dämpning. Det mindre 365-aggregatet kändes rappare och mer följsamt vid avverkning av mindre eller krokiga träd, men den större dragkraften i C144-aggregatet uppskattades vid hantering av de större träden.

Båda maskinerna presterade väl vad gäller utnyttjande av virkesvärdet, med en marginell fördel för 365-aggregatet, sannolikt som en följd av en något bättre kalibrering av aggregatet. Apteringsgraden är nästan lika för maskinerna, 931/365 nådde 97,4 % jämfört med 97,3 % för 951/C144.

Längdutfallet vid fördelningsaptering följer väl det önskade mönstret och båda maskinerna tar ut timmer och toppar till ungefär samma diameter vid fördelningsapteringstest.

Tillämpningen av ADI baserat på StanForD 2010 för automatiska tidsstudier fungerade väl, men en upplösning i arbetsmoment motsvarande konventionella manuella tidsstudier kunde inte helt uppnås. Kombinationen av konventionella studier med de kvalitativa bedömningar en erfaren tidsstudieman kan göra och en vidareutvecklad ADI-teknik skulle kunna ge ett betydligt bättre framtida underlag i alla de områden där tidsstudier kommer till användning.

Bakgrund

Valet av skördare påverkar såväl kostnaderna för avverkning som kvaliteten på de produkter som skördaren producerar. Arbetsmiljön kan vara mycket olika mellan olika skördare, liksom graden av påverkan på mark och kvarvarande träd. Olika skördare ger olika resultat, t.ex. beroende på typ av bestånd och markbetingelser. Kunskap om dessa skillnader är nödvändig för att underlätta valet av skördare.

De stora volymer som årligen avverkas i Sverige innebär att även små skillnader i avverkningskostnad och produktutfall har stor påverkan på resultatet. Detta är särskilt märkbart hos stora aktörer som t.ex. SCA Skog AB, som årligen slutavverkar ca 5,5 milj. m³fub. Studier av John Deeres skördare 1170E och 1470E (Arlinger m.fl. 2014) visade att stora skördare kan vara att föredra framför lite mindre, även i relativt klena bestånd. Denna studie avser att ytterligare öka kunskapsunderlaget vid maskinval och jämför Komatsus skördare 931 och 951. De båda jämförda skördarna är därmed mer lika den här gången. Jämförelsen gjordes denna gång endast i ett avverkningsobjekt med medelstam omkring 0,3 m³fub istället för i ett klent och ett grövre bestånd.

Syfte och mål

Syftet med denna studie var att jämföra prestation och produktutfall hos två stora skördare i slutavverkning genom att studera och följa upp skördarnas produktivitet, mätning av längd och diameter samt aptering. Dessutom skulle en metodik för att genomföra tidsstudier baserat på genom StanForD 2010 automatiskt insamlade data testas.

Målen med projektet var att:

- Genomföra en manuell tidsstudie som grund för att jämföra produktionskostnaden hos Komatsu 931 och 951.
- Följa upp skördaraggregatens mätning av längd och diameter.
- Följa upp apteringen.
- Utforma och testa metodik för att, baserat på data loggade i skördarens produktionsfil enligt StanForD 2010, studera skördarens prestation.

Material och metoder

JÄMFÖRDA MASKINER



Figur 1. Komatsu 951 (Foto: Komatsu)

Studierna utfördes på Komatsus skördarmodeller 931 (figur 1) och 951 (figur 2). Båda maskinerna var relativt nya och hade trimmats in av Komatsus servicetekniker före studien. I tabell 1 redovisas några tekniska specifikationer för de båda skördarna och de aggregat de var utrustade med vid denna studie. Specifikationerna har hämtats från tillverkaren (Komatsu 2017).

Tabell 1. Tekniska specifikationer för studerade skördare och aggregat

Basmaskin	Komatsu 931	Komatsu 951
Vikt, kg ¹	19 610	23 600
Motoreffekt, kW DIN	185	210
Dragkraft, kN	168	232
Längd x bredd ² x transporthöjd, mm	7 550 x 2 700-2 900 x 3 930	8 310 x 3 060-3 160 x 3 955
Markfrigång, mm	665	670
Kran, modell och räckvidd, m	230H: 8,7 m/ 10 m /11 m	270H: 8.6 m/ 10.3 m
Lyftmoment kNm, brutto	229	274
Vridmoment kNm, brutto	47,5	60
Aggregat	365.1	C144
Vikt, kg	från 1 235	från 1 400
Max fäll-/kapdia, mm	650	710
Max öppn främre knivar, mm	625	660
Matningskraft, brutto, kN	23,6/28,3	29,6

¹ Anger vikt exklusive kedjor, band och aggregat

² Beror på val av däck och band



Figur 2. Komatsu 931, på bilden med ett C144 aggregat – i studien utrustad med 365. Foto: Komatsu.

OBJEKT

Studierna genomfördes i ett grandominerat avverkningsobjekt under vecka 40, 2015, i närheten av Kälarne i Jämtland. Vädret var höstligt med en temperatur om 5–10 grader (figur 3).

Tabell 2. Några karaktäristika för det studerade objektet.

Terräng (Y,L)	2,2
Trädslagsblandning (T,G,L)	(26, 73, 1)
Medelstam, m ³ fub	0,30
Kvistighet	Normal
Underväxt	Normal



Figur 3. Studien genomfördes i ett grandominerat bestånd med medelstam 0,3 m³fub. Foto: Maria Nordström, Skogforsk.

TIDSSTUDIER

Manuell tidsstudie

I studien deltog två förare och båda förarna körde båda maskinerna. Maskinerna tidsstuderades genom en konventionell studie där varaktigheten hos de olika arbetsmomenten registrerades manuellt och kontinuerligt med hjälp av Allegro datasamlare, figur 4.

Tidsstudie genom automatiserad datainsamling (ADI)

Vid en traditionell manuell tidsstudie görs tidsregistrering av ett relativt stort antal olika arbetsmoment (tabell 3). Det är ett omfattande arbete att utföra en manuell tidsstudie. Man kan i normalfallet inte göra mer än begränsade studier under kontrollerade former vilket begränsar, eller åtminstone ställer ifråga, materialets representativitet. Att till låg kostnad kunna genomföra utökade tidsstudier under normal drift vore därmed en fördel.

Tabell 3. Exempel på momentindelning vid studier av skördararbete.

Arbetsmoment	Beskrivning
Körning	Körning mellan uppställningsplatser (hjul snurrar).
Kran ut	Börjar när hjul stannat och fram till 0,5 m från trädet.
Positionering	Aggregatet 0,5 m från stammen, avslutas vid fällkap.
Intagning	Från fällkap till start av matning.
Kvistning/kapning	Börjar vid start av matning.
Topp	Från sista stockkap tills toppen släppts ur aggregatet.
Kran in	Efter "topp" och före "körning".
Övrig	Från sista stockkap tills toppen släppts ur aggregatet.
Röjning	Registreras ofta i 1a gallringar (fällning, brytning, ryckning).



Figur 4. Konventionell tidsstudie där data registreras manuellt med hjälp av handdator. Foto: Skogforsk.

Hösten 2013 genomfördes en liknande jämförande studie av John Deere 1170 vs. John Deere 1470, också med SCA som värd företag (Arlinger m.fl. 2014). I den studien samlades detaljerade data om maskinhändelser in med hjälp av TimberLink-systemet. Resultatet gav vid handen att ADI kan ge i det närmaste identiskt dataunderlag för prestationsfunktioner som den manuella tidsstudien, vilket illustreras av tabell 4. I denna studie testades att istället basera ADI på produktionsdata enligt StanForD 2010, vilka finns tillgängliga på i stort sätt alla moderna skördare i Sverige.

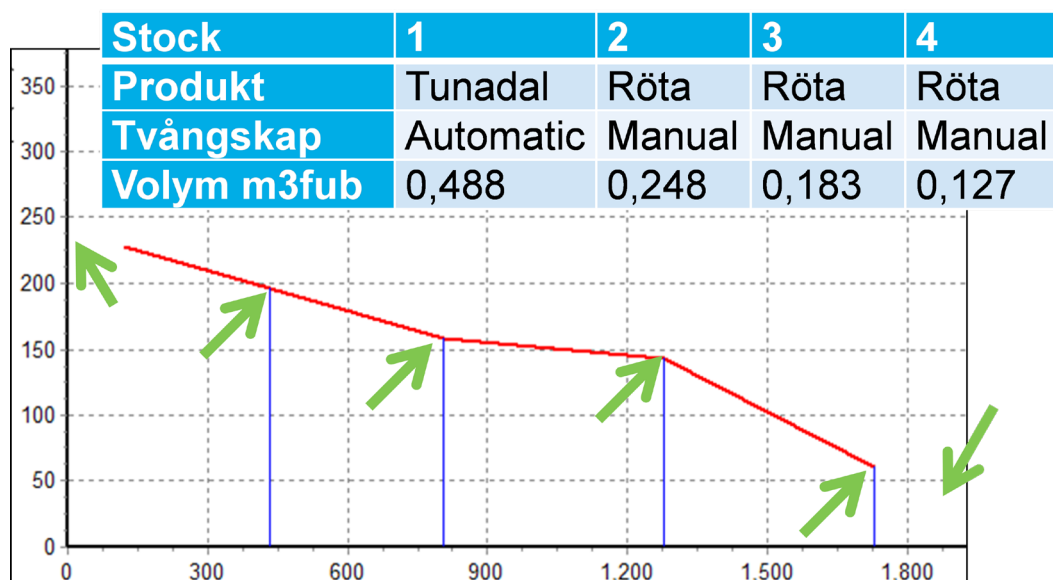
Tabell 4. Genomsnittlig krancykeltid vid slutavverkning i grov och klen skog, baserat på data från manuell respektive automatiserad tidsstudie utifrån JD Timberlink (Arlinger m.fl 2014).

	Grov skog		Klen skog	
	Manuell	Automatisk	Manuell	Automatisk
Total tis (sek)	23,5	23,3	17,6	17,3

Momentindelning och datahantering vid ADI

Detaljerade maskinhändelser med samma upplösning som i fallet med John Deeres TimberLink-system är ej tillgängligt i Komatsus MaxiXplorers. I studien användes istället data från hpr-, stm- och mom-filer enligt StanForD 2010.

Komatsu anpassade sitt system för studien så att ett antal tidsstämplar lagrades i det standardiserade hpr-formatet, inkluderande starttider för händelserna fällkap, stockkap samt tilt-upp (figur 5 och figur 6)



Figur 5. Illustration av stamprofil, inklusive stockdata från hpr-fil. Gröna pilar indikerar tidsstämplar registrerade i ett så kallat "extension"-element.

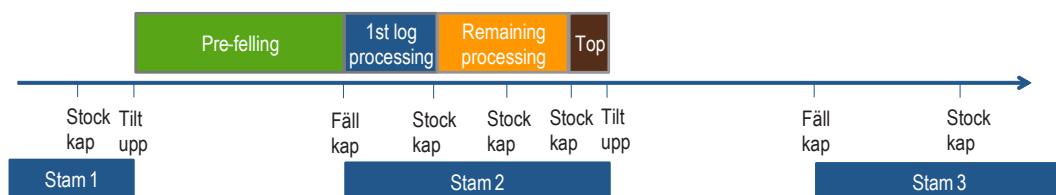
ProcessingCategory		StemCoordinates		Extension		SingleTreeProcessedStem		SingleTreeProcessedStem	
SingleTreeProcessing		StemCoordinates		Extension		SingleTreeProcessedStem		SingleTreeProcessedStem	

Figur 6. Exempel på registrerade tidsstämplar i hpr-filen. Observera att tidsstämplarna är registrerade under en så kallad "extension", vilket innebär att dessa element normalt inte ingår i StanForD 2010-filer.

På grund av den begränsade datamängd som fanns att tillgå definierades i denna studie ett antal sammansatta arbetsmoment (tabell 5 och figur 7), som bygger på den traditionella momentindelningen vid skördarbete (bilaga 1).

Tabell 5. Nya arbetsmoment definierade i denna studie

Nya arbetsmoment	Traditionell indelning i arbetsmoment	Beskrivning
Pre-felling	Körning + Kran ut + Positionering	Från föregående stams avslutande (tilt-upp)
1st log processing	Intag + Kvistning-kapning	Från fällkap till stockkap på första stock
Remaining processing	Kvistning-kapning	Från första till sista stockkap
Top	Topp	Från sista stockkap till tilt-upp

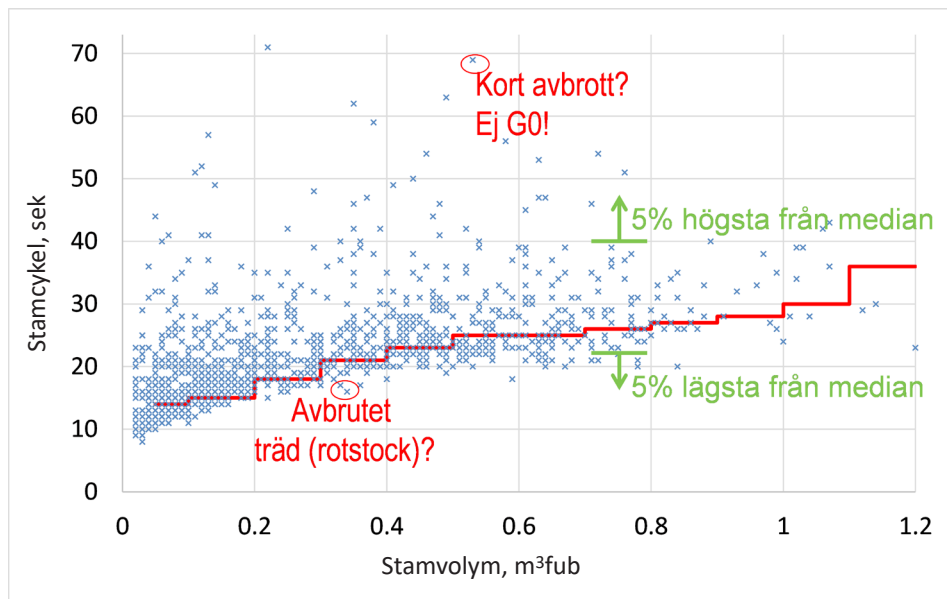


Figur 7. Illustration av hur de nya arbetsmomenten definierades.

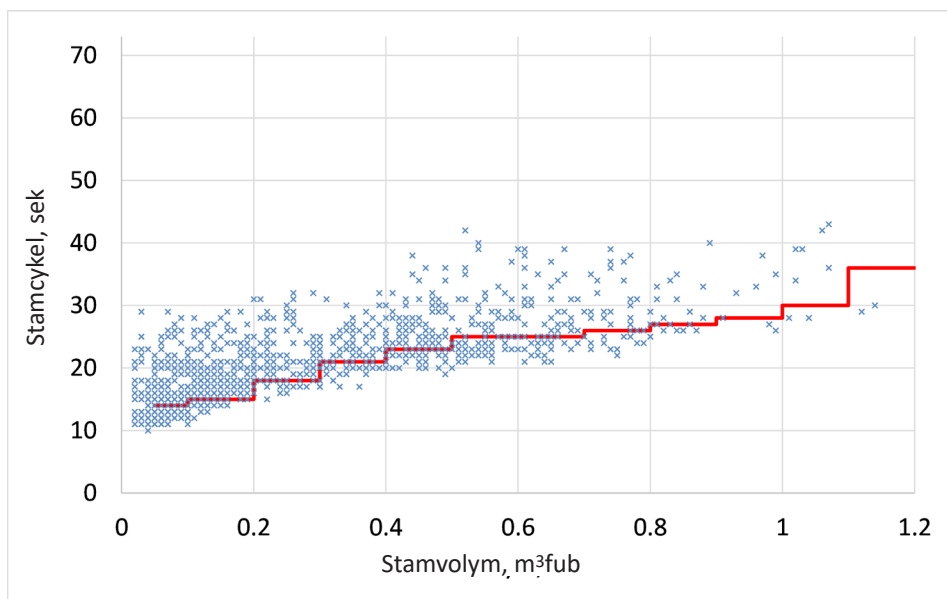
Den största osäkerheten för dessa sammansatta arbetsmoment gäller "Pre-felling" som kan innehålla längre eller kortare avbrott som egentligen inte ska inkluderas i den analyserade G_0 -tiden. En viss filtrering av data användes i syfte att rensa ut tydligt avvikande datapunkter.

I en första filtrering exkluderades stammar där hela krancykeln var längre än 120 sek. Detta gör att t.ex. den första stammen efter en längre körsträcka eller rast alltid exkluderas. I denna studie togs även samtliga stammar med en volym över 1,5 m³fub bort från materialet i det första filtreringssteget eftersom extrema värden kan påverka en regressionsanalys i alltför hög grad. Det finns även en risk för att dessa träd är felmätta.

I nästa steg plottades ofiltrerade data i ett diagram (figur 8). Det kunde konstateras att ytterligare filtreringar var önskvärda för att avlägsna extrema värden orsakade av mycket korta avbrott alternativt avbrutna stammar (förhållandevis hög volym men kort upp-arbetningstid). Baserat på detta valdes som filtreringsmetod att exkludera den femte och nittiofemte percentilen i jämförelse med medianvärdet per stamvolymklass (röd kurva i figur 8 och figur 9).



Figur 8. Ofiltrerade data inklusive två exempel på extremvärden, vilka bör filtreras bort (Komatsu 951, förare A).



Figur 9. Kvarvarande data, efter filtrering (Komatsu 951, förare A).

MÄTNING AV LÄNGD OCH DIAMETER

För utvärdering av skördarnas längd- och diametermätning upparbetades ca 30 relativt felfria granar per försöksled, dvs. totalt ca 120 träd. Träden slumpades ut och kontrollmättes manuellt. Då timmer utgör största delen av volym och virkesvärde slumpades endast träd med dbh >18 cm. Slumpfrekvensen ställdes till var 3-5:e gran som uppfyllde diameterkriteriet. Den högre frekvensen användes när antalet godkända träd var något lägre i delar av försöksområdet. Signal för slumpning gavs i samband med andra kapet, för att inte påverka upparbetningen av rotstocken i alltför hög grad.

Alla stockar samt toppen från de slumpade stammarna lades vid upparbetning upp på ett sådant sätt att de lätt kunde märkas upp i nummerordning och kontrollmätas manuellt.

Den manuella kontrollmätningen gjordes enligt rutinen för kvalitetssäkring av skördarens mätning (SDC 2015), vilket inkluderar mätning av stocklängd, toppdiameter samt diameter vid varje meter längs stammen. Diametermåten korsklavades med två mått i 90 graders vinkel mot varandra.

De manuella kontrollmätningarna av stockar lagrades i hqc/ktr-filer i klaven. De av skördaren registrerade stamprofilerna (stm) samlades också in för beräkning av stamhållningsmått (stamhack och planområden). I detta fall användes stm-data från tidsstudien, för att få ett större underlag. Vid beräkningarna definierades planområde som en sträcka om minst 70 cm utan avsmalning medan ett stamhack definierades som ett diameterfall om minst 12 mm under en sträcka på 40 cm. Beräkningarna gjordes från 2 meters höjd på stammen och för diametrar >13 cm.

Följande nyckeltal beräknades:

- Andel av skördarens diametermått inom ± 4 mm från manuellt kontrollmått diameter.
- Andel av skördarens längdmått inom ± 2 cm från manuellt kontrollmått längd.
- Skillnaden mellan manuell kontroll och skördarvärden uttryckt som standardavvikelse och systematiskt fel.
- Kalibreringspotential (skillnaden mellan avvikelser från nollinjen och avvikelser från medianen i varje diameterklass).
- Frekvens stamhack.
- Andel planområden.

APTERING

I studien jämfördes skördarens aptering med hjälp av Skogforsks program Aptupp (Skogforsk 2017), baserat på manuellt mätta längder och diametrar.

Till analysen användes de 30 granar per försöksled som utgjorde underlag till utvärderingen av mätnoggrannhet för längd och diameter samt de av maskinen registrerade stamprofilerna. I tillägg till de kontrollmätta stammarnas dimensioner mättes även den kvarvarande toppens hela längd samt längden upp till 30 mm diameter på stammen. I samband med avverkning fick förarna själva ange skador (tvångskap) och kvalitetsgränser. Då SCA bara apterar en kvalitet så användes standardkvaliteten 3.

Följande data togs fram efter bearbetning för analys av aptering:

- Apteringsgrad manuell uppföljning jämfört med maskinaptering (test av apteringsdator).
- Kontroll av manuell kvalitets- och tvångskapsregistrering, liksom automatisk registrering av friskkvistgränser i stm-filer (test av apteringsdator).
- Längdutfall vid värdeaptering.
- Längdutfall fördelningsaptering jämfört med önskemålet.
- Beräkning av jämförande nyckeltal för upparbetningen, t.ex. andel manuella kap och diameter vid sista timmerkap samt toppdiameter vid sista kap.

Prislistor och inställningar

Skogforsk tillhandahöll en apt-fil några dagar före studien. Apt-filen innehöll prismatriser för gran enligt följande: normaltimmer (en kvalitet för grantimmer, Gällö standard) med 4 prioriterade längder, 1 förbjuden längd, barr- och FFG granmassasortiment (se exempel i bilaga 2). Listorna styrde mot längderna 430 cm, 490 cm och 550 cm. För massaved användes en fördelningslista med mindiametersök aktiverad. Dessutom fanns rötved i listan.

Skogforsks barkfunktioner användes.

Fördelningsaptering

I samband med tidsstudien testades fördelningsaptering för de avverkade granarna enligt SCA:s standard. För fördelningsaptering användes SCA:s ordinarie Gällö-prislista med en maximal värdeavvikelse på 6 %. Fördelningsönskemålet framgår av bilaga 2.

Resultat

MANUELL TIDSSTUDIE

Den manuella tidsstudien utfördes med kontinuitetsmetoden och resultaten samlades i en Allegro datasamlare tillsammans med diametern hos trädet, avläst på skördarens display. I ett senare skede kuberades träden och stamvolymen inkluderades i datamaterialet. I tabell 6 återges resultatet från delstudierna.

Tabell 6. Insamlade data (s/träd) per studieled.

Skördare	931		951	
Förare	A	B	A	B
Kran ut	3,1	2,9	3,1	2,6
Fällning	1,9	2,6	2,0	2,4
Intagning	2,2	2,5	2,2	2,6
Kvistning/kapning	12,4	10,5	11,9	9,8
Kran in	0	0,1	0,1	0,4
Topp	1,1	1,1	1,1	1,0
Körning	2,0	1,6	2,1	1,3
Övrigt	0,4	0,3	0,4	0,2
G0-tid	22,9	21,6	22,9	20,5
Flyttning inom objekt	2,9	0,6	1,5	1,4
Störning	0,8	1,3	0,7	0,6
Total tid	26,6	23,5	25,1	22,4
Medelstam/ träd	0,33	0,30	0,31	0,30
Antal träd	611	573	607	593

Som framgår av tabell 6 var medelstammens storlek olika mellan studieleden. För att möjliggöra normering med avseende på medelstammen konstruerades därför tidsfunktioner, som presenteras i tabell 7.

Tabell 7. Tidsfunktioner (T=s/träd och V=medelstamvolym, m³fub) för olika studieled.

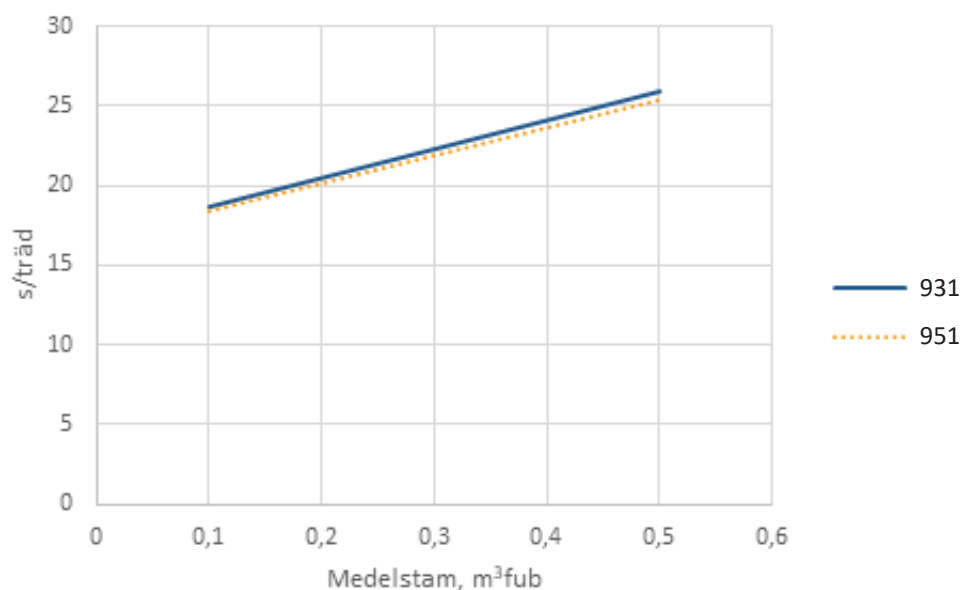
Maskin och förare	Upparbetning	Körning + övrig tid
931 A	$T=13,9+20,3*V$	2,4
931 B	$T=14,9+16,3*V$	2,4
951 A	$T=14,8+18,6*V$	2,4
951 B	$T=13,6+16,8*V$	2,4

Funktionerna visar hur de olika maskinerna förhåller sig till varandra. Det framgår att den mindre maskinen är något känsligare för stamstorlek. I tabell 8 har G₀-tiden vid en medelstam om 0,30 m³fub räknats fram.

Tabell 8. Jämförelse av tidsåtgången (s/träd) vid medelstammen 0,30 m³fub.

Förare	931	951
A	22,4	22,8
B	22,2	21,0
Medel	22,3	21,9

Som framgår av tabell 8 är den registrerade tidsåtgången lägre för Komatsu 951 jämfört med 931. I figur 10 åskådliggörs grafiskt hur de uppmätta tiderna förhåller sig till stamstorleken.



Figur 10. Tidsåtgången för Komatsu 951 (orange punktlinje) och 931 (blå linje).

Som framgår av figur 10 har Komatsu 931 marginellt högre tidsåtgång än 951 samt är något känsligare för trädvolymen. För att erhålla kostnaden per m³fub skall timkostnaden för maskinerna divideras med prestationen per G₀-tim. En kalkyl av avverkningskostnad, kr/m³fub (tabell 9), indikerar att 951 är att föredra i alla grovlekar hos beståndet, men skillnaden är mycket liten. Kostnadsmässigt kan denna studie inte klart belägga några betydande skillnader mellan de studerade maskinerna.

Tabell 9. Antagna timkostnader samt enhetskostnad, kr/m³fub, för avverkning med Komatsu 931 respektive 951.

Medelstam	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	Kr/G ₀ -tim
931	50,7	28,3	20,8	17,1	14,9	1106
951	49,7	27,6	20,3	16,6	14,4	1116

Flerträdshantering

Eftersom endast en av maskinerna var utrustad för flerträdshantering och endast ett fåtal träd upparbetades på detta sätt redovisas ingen analys av metoden.

Bränsleförbrukning

I samband med tankning noterades hur mycket bränsle som gått åt. Baserat på tidsstudie-data blev det därmed möjligt att beräkna bränsleförbrukning som l/m³fub (tabell 10). 931 hade lägre bränsleförbrukning än 951 såväl per maskintimme (-16 %) som per producerad kubikmeter (-11 %).

Tabell 10. Uppmätt bränsleförbrukning (l/m³fub).

	Förare	l/maskintimme	l/m³fub
931	A	19,3	0,46
	B	19,5	0,43
951	A	22,4	0,50
	B	22,8	0,49

MÄTNING AV LÄNGD OCH DIAMETER

Mätnoggrannheten för längd och diameter beräknades för respektive skördare som medelvärden av resultaten från de båda försöksleden med olika förare.

Längdmätning

Längdmätningen var i snitt bra med båda aggregaten, med en något högre träffprocent för det större aggregatet, C144. Detta kan möjligen förklaras med ett något sämre kalibrerat mätjul (medeldifferens 0,8 cm), vilket också visas genom kalibreringspotentialen på drygt 4 % för 365 jämfört med knappt 2 % för C144. Båda aggregaten hade likartad spridning i mätningen (tabell 11).

Tabell 11. Utvärdering av längdmätningen med C144 respektive 365-aggregaten.

Nyckeltal	951/C144	931/365
Andel längder inom +/-2 cm från manuell kontroll, %	88,6	87,5
Medeldifferens, cm	-0,4	0,8
Standardavvikelse, cm	1,6	1,5
Kalibreringspotential, %	1,9	4,2
Antal längdmätningar	232	228
Antal stammar	64	65
Andel extremvärden, %	1,3	1,3

Diametermätning

I utvärderingen av de båda aggregatens diametermätning presterade 365 bäst, med nästan 82 % av diametermåten inom ± 4 mm från den manuella kontrollmätningen (tabell 12). En förklaring till den sämre precisionen hos C144 kan sannolikt vara sämre kalibrering, vilket indikeras av medeldifferensen på nästan 3 mm. Detta har sannolikt även påverkat spridningen i mätningen för C144 då en mindre omkalibrering gjordes under försöket.

Tabell 12. Utvärdering av diametermätningen med C144 respektive 365-aggregaten.

Nyckeltal	951/C144	931/365
Andel diametrar inom ± 4 mm från manuell kontroll, %	66,3	81,7
Medeldifferens, mm	-2,7	-0,9
Standardavvikelse, mm	4,5	3,5
Kalibreringspotential, %	10,5	2,3
Antal diametermätningar	1163	1130
Antal stammar	64	65
Andel extremvärden, %	0,5	0

Stamhållning

Om inmätt stamprofil (skördarens diametermått, registrerade för varje dm längs stammen) innehåller plana områden och områden med snabba diameterfall indikerar det att aggregatet inte hållit stammen ordentligt vid upparbetning. Sambandet mellan mått på stamhållning och mätprecision är dock inte absolut och bör undersökas ytterligare i vidare studier.

Stamhållningsmåten beräknades för både tall och gran (tabell 13). Resultaten indikerade en något bättre stamhållning för 931/365 för gran och för 951/C144 för tall. Det bättre resultatet för tall för 951/C144 beror sannolikt på att tallen var betydligt grövre i snitt än

granen, vilket gynnar det större aggregatet som är konstruerat för att hålla i även större stammar. Det bör dock betonas att jämförelser mellan aggregat inte alltid är rättvisande då nyckeltalen i högsta grad är beroende av hur systemet filtrerar data.

Tabell 13. Beräknade stamhållningsmått för C144 respektive 365-aggregaten.

Nyckeltal	951/C144		931/365	
	Tall	Gran	Tall	Gran
Andel planområden, %	9,0	10,3	11,4	6,6
Avstånd mellan stamhack, m	8,6	34,8	8,3	51,6
Andel kap i planområden, %	9,2	9,7	12,3	5,0
Antal stammar	95	1224	277	739
Medeldiameter (dbh), cm	26	18	27	18

Vid en jämförelse av andelen kap i planområden i olika diameterklasser för tall (tabell 14) respektive gran (tabell 15) konstateras att andelen generellt stiger med ökande diameter, vilket är logiskt då tyngre stammar bör vara svårare för aggregatet att hålla uppe.

Tabell 14. Andel kap i planområden för upparbetning av tall vid tidsstudien.

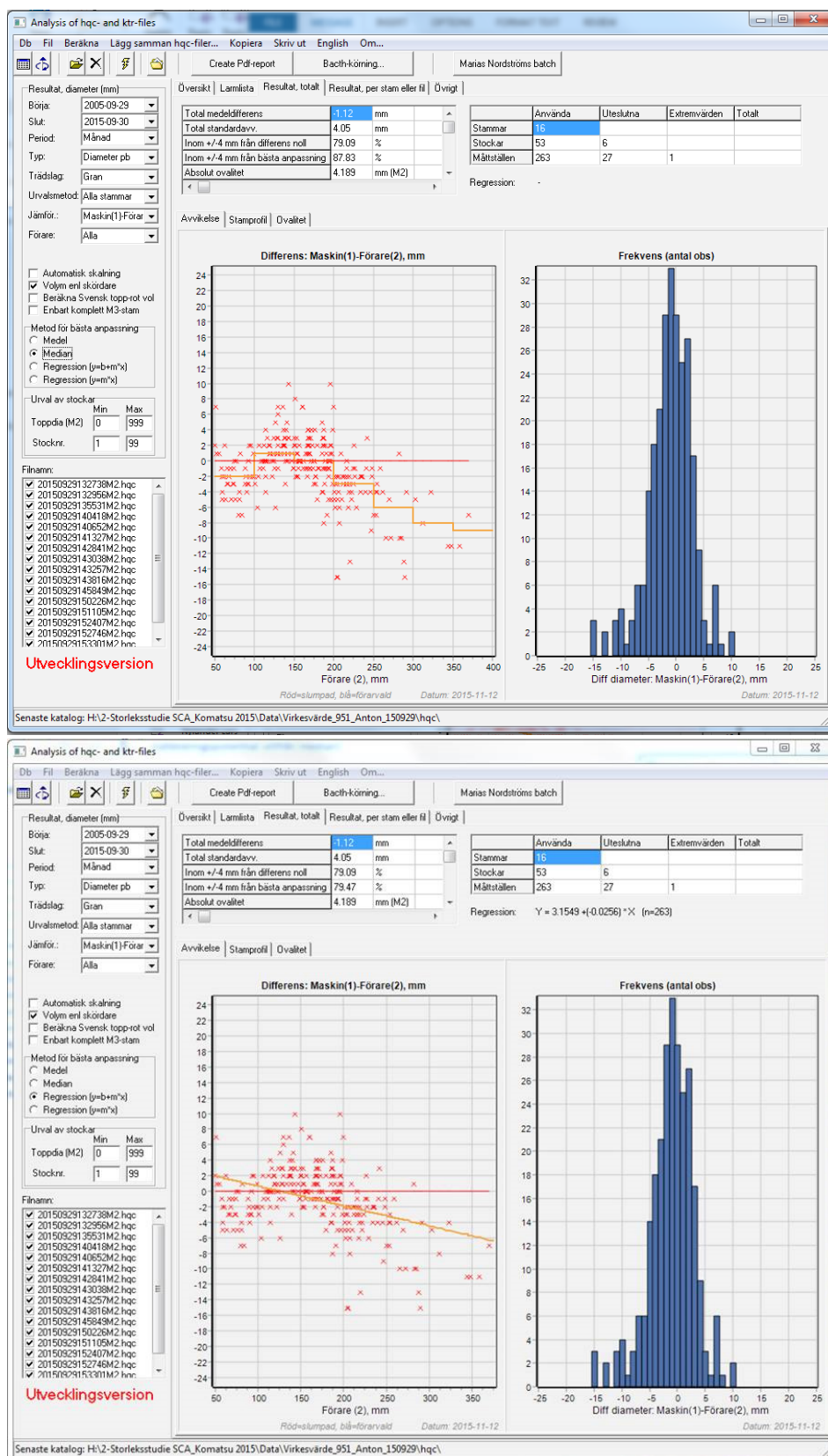
951/C144	Diameterklass (mm)				
	130-	150-	200-	250-	300-
Andel kap i planområden, %	5,0	5,6	15,4	5,8	9,5
Antal kap, st	20	90	104	69	21
931/365	Diameterklass (mm)				
	130-	150-	200-	250-	300-
Andel kap i planområden, %	3,1	12,1	11,7	18,6	22,2
Antal kap, st	96	264	213	97	45

Tabell 15. Andel kap i planområden för upparbetning av gran vid tidsstudien.

951/C144	Diameterklass (mm)				
	130-	150-	200-	250-	300-
Andel kap i planområden, %	10,4	9,9	8,2	10,7	4,8
Antal kap, st	414	708	293	75	21
931/365	Diameterklass (mm)				
	130-	150-	200-	250-	300-
Andel kap i planområden, %	3,5	5,1	3,9	18,8	0,0
Antal kap, st	282	455	179	48	9

Kalibreringsmetodik

Komatsu använder sig av regressionskalibrering för att kalibrera givarna för både längd- och diametermätningen. Denna metod kan skapa vissa problem vid kalibrering av diametermätningen, där mättelet tycks kunna variera icke-linjärt mellan de olika diameterklasserna. I figur 11 illustreras problematiken genom att kalibreringspotentialen, alltså skillnaden mellan andelen diametermätningar inom ± 4 mm vid bästa anpassning av nollinjen (kalibrering) och motsvarande andel mot befintlig nollinje, vid en kalibrering per diameterklass är nästan 9 % (figur 11, övre), medan motsvarande potential vid regressionskalibrering saknas (figur 11, nedre).

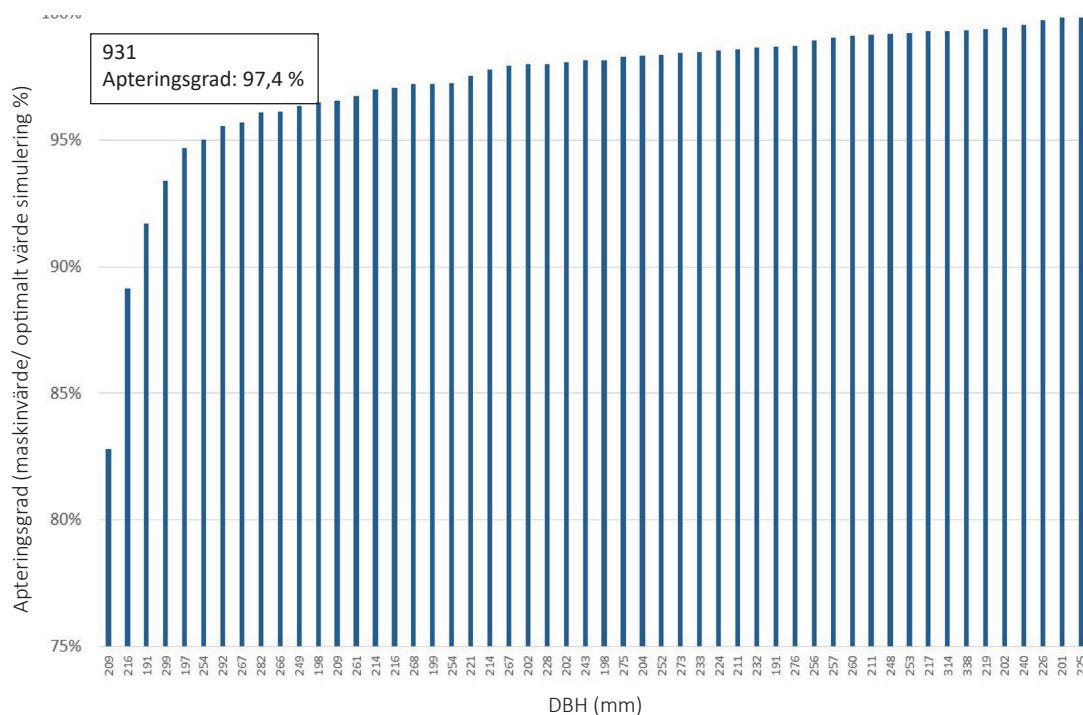


Figur 11. Illustration av problemet vid regressionskalibrering av diametermätningen, eftersom mätfel kan variera icke-linjärt mellan olika diameterklasser. I den övre delen av bilden visas ett kalibreringsförslag baserat på medianvärdet i varje diameterklass, vilket ger en kalibreringspotential på ca 10 %. I den nedre delen av bilden visas ett kalibreringsförslag baserat på linjär regression, vilket inte gav någon kalibreringspotential. Utsnitt från Skogforsks verktyg för analys av manuellt kontrollmätta stammar – ktrAnalysis

APTERING

Värdeaptering

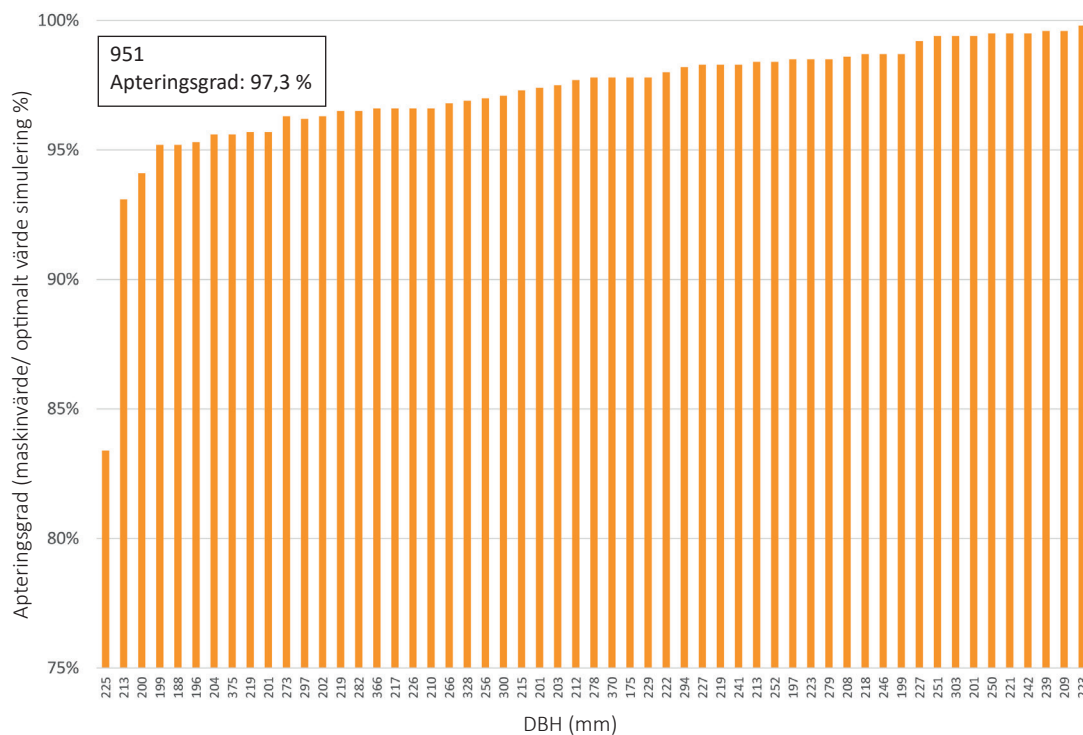
Apteringsgraden utvärderades per träd och maskin genom att maskinens apteringsbeslut för de avverkade stammarna jämfördes med en simulerad, teoretiskt optimal, aptering baserad på manuellt uppmätta dimensioner för dessa stammar. Kvoten mellan värdet enligt skördaren respektive simuleringen motsvarar apteringsgraden. Resultatet (figur 12, figur 13 och tabell 16) visar inga skillnader mellan maskinerna.



Figur 12. Apteringsgrad per träd rangordnade efter apteringsgrad (värde enligt skördarens optimering som procent av optimalt värde simulerat i Aptupp) för Komatsu 931. Simuleringarna baserade på manuellt mätt diameter och längd.

Tabell 16. Apteringsgraden fördelat på stamstorlekar (DBH)

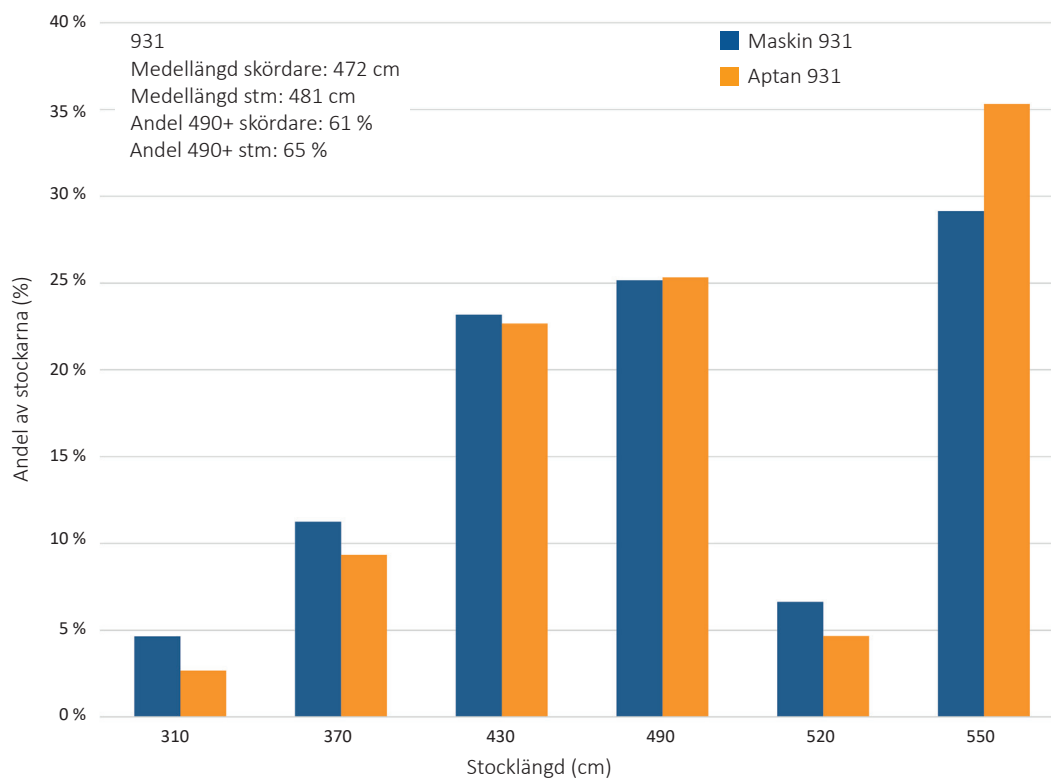
Maskin	DBH			
	150-199	200-249	250-	Totalt
931	96,0	97,5	97,4	97,4
951	96,9	97,4	97,3	97,3



Figur 13. Apteringsgrad per träd rangordnad efter apteringsgrad (värde enligt skördarens optimering som procent av optimalt värde simulerat i Aptupp) för Komatsu 951. Simuleringarna baserade på manuellt mätt diameter och längd.

Längdutfall värdeaptering

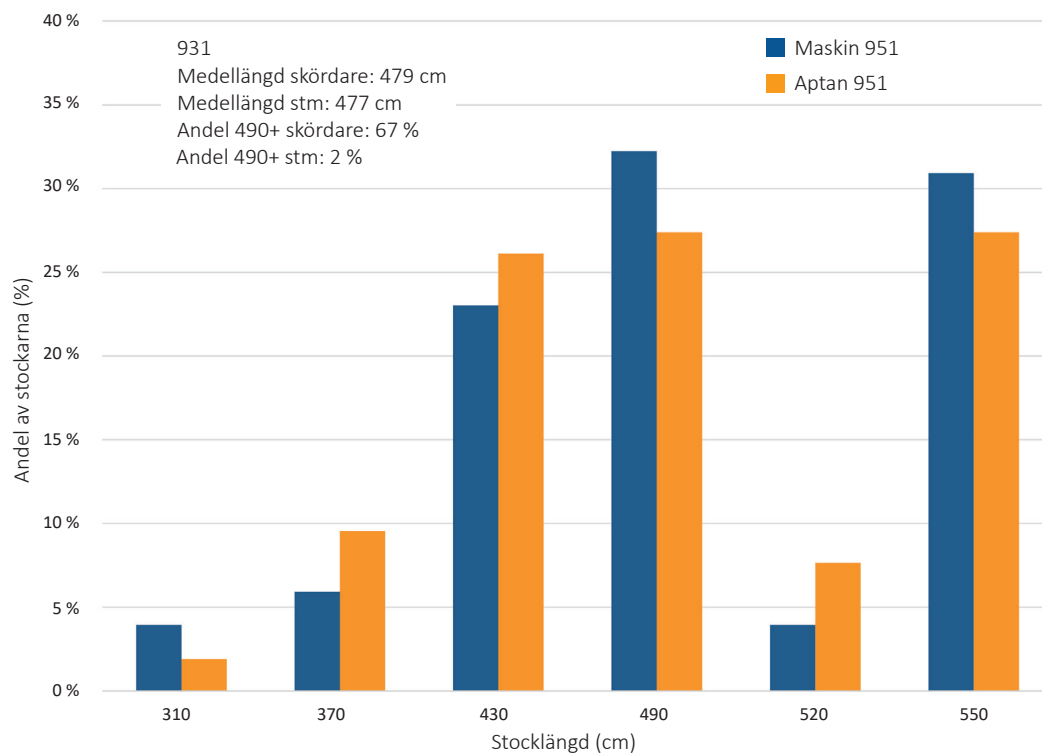
I figur 14 redovisas längdutfallet vid värdeaptering för normaltimmer. I figuren redovisas även optimalt längdutfall enligt Aptupp. Resultatet visar att maskinernas resultat (blå) och Aptupp (orange) överensstämmer väl.



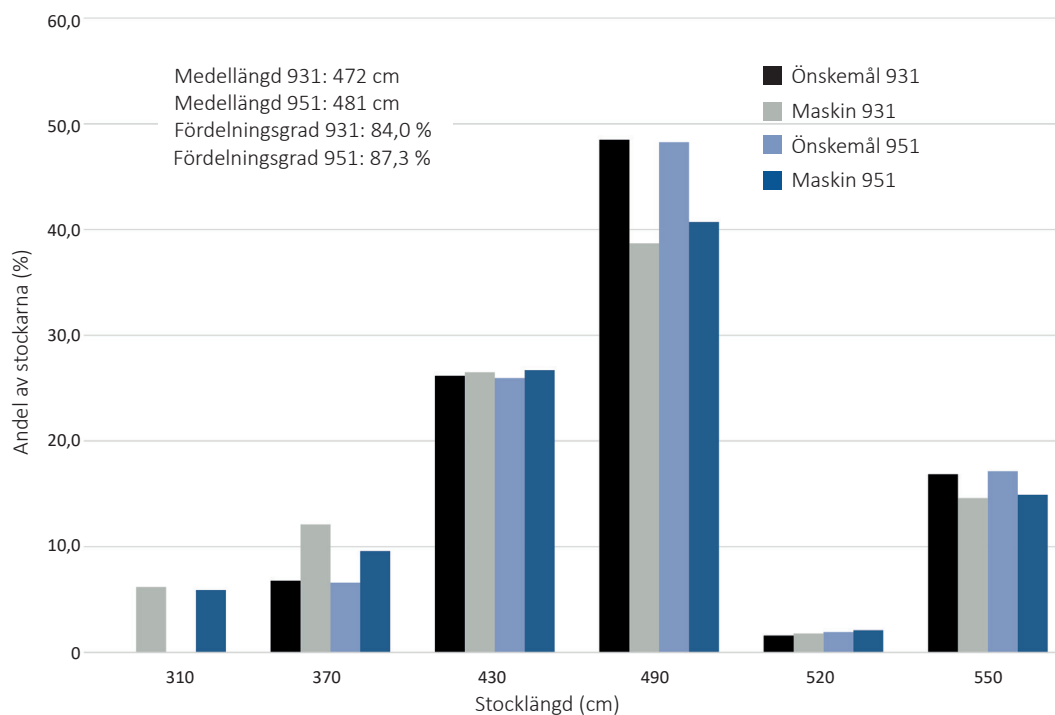
Figur 14. Totalt längdutfall för 931 (blå staplar) jämfört med Aptan-simulerat utfall (orange staplar) baserat på skördarens stamprofiler. Skördarnas registrerade kvaliteter och tvångskap har använts i alla analyser.

Fördelningsaptering

I figur 16 visas önskat och verkligt utfall per längdklass vid test av fördelningsaptering i samband med tidsstudien. Fördelningsgraden är beräknad genom att räkna om antalet verkligt avverkade stockar per diameterklass med önskemålet om andel stockar per diameterklass.



Figur 15. Totalt längdutfall för 951 (blå staplar) jämfört med Aptan-simulerat utfall (orange staplar) baserat på skördarens stamprofiler. Skördarnas registrerade kvaliteter och tvångskap har använts i alla analyser.



Figur 16 Fördelningsaptering av ca 1000 granstockar från tidsstudien. Resultatet visar uppnådd längdfördelning jämfört med önskad längdfördelning per längdklass.

Resultatet indikerar inte någon större skillnad mellan maskinerna. Båda maskinerna når en hög fördelningsgrad och båda maskinerna gör lite större andel korta stockar än önskemålet. I studien var andelen manuella kap lågt, ca 10 procent. Detta gör att längdfördelningen normalt blir bra.

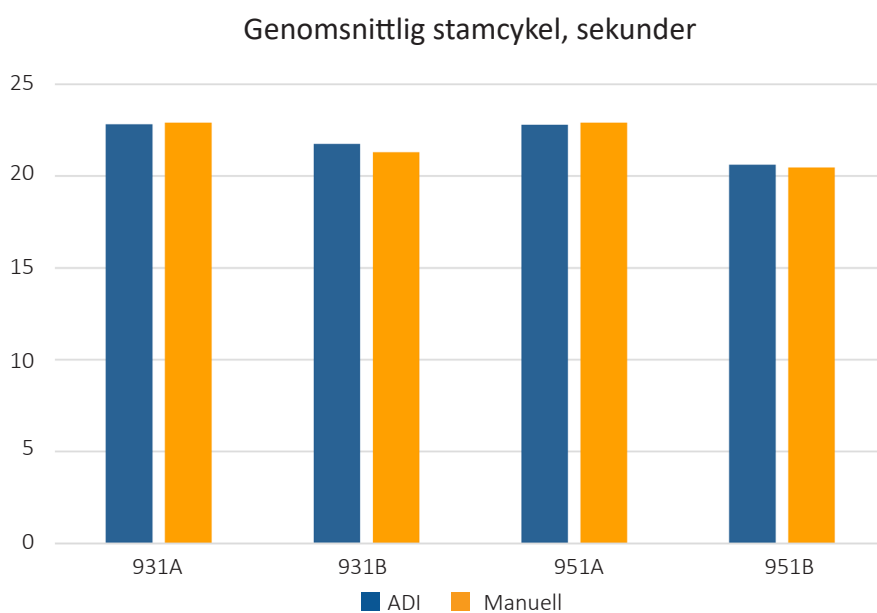
Tabell 17 visar att båda maskinerna tar ut timmer och toppar till ungefär samma diameter vid fördelningsaptingstestet.

Tabell 17. Data fördelningsapting vid tidsstudie, ca 1000 granstockar.

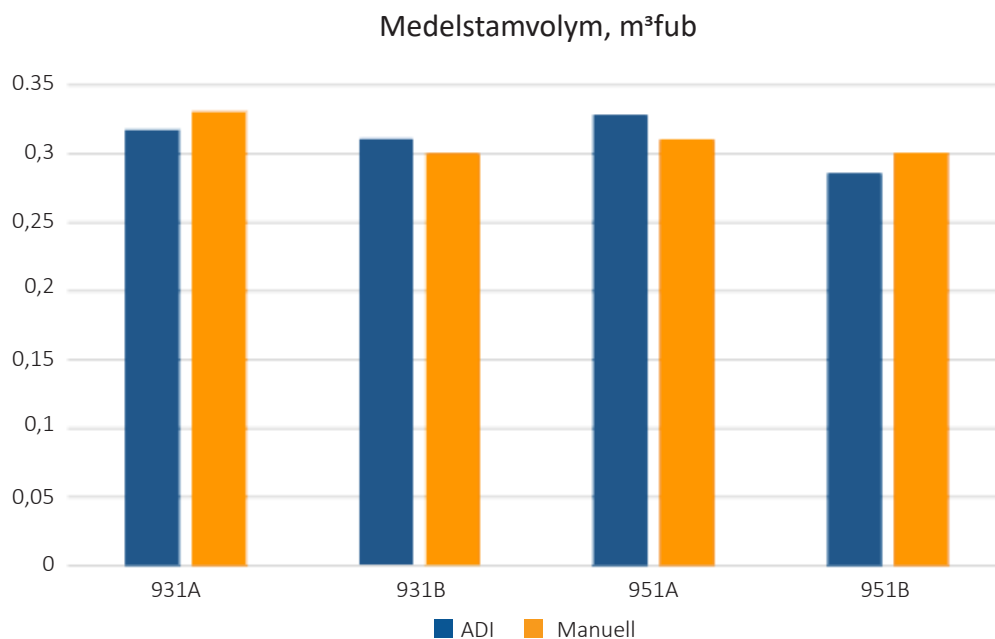
Maskin	Medel-stam	Timmer-andel	Tvångskap	Fördelnings-grad	Medel-längd	Topp-diameter	Toppdiameter timmer
	(m ³ fub)	(%)	(% av timmer)	(%)	(cm)	(mm)	(mm)
931	0,245	69	4	84,0	472	58	138
951	0,225	67	3	87,4	481	55	141

JÄMFÖRELSE AV KONVENTIONELL TIDSSTUDIE OCH TIDSSTUDIE GENOM AUTOMATISERAD DATAINSAMLING (ADI)

I figur 17-21 nedan redovisas resultat från tidsstudien baserad på automatiserad datainsamling (ADI) och den konventionella manuella tidsstudien med kontinuitetsmetoden.

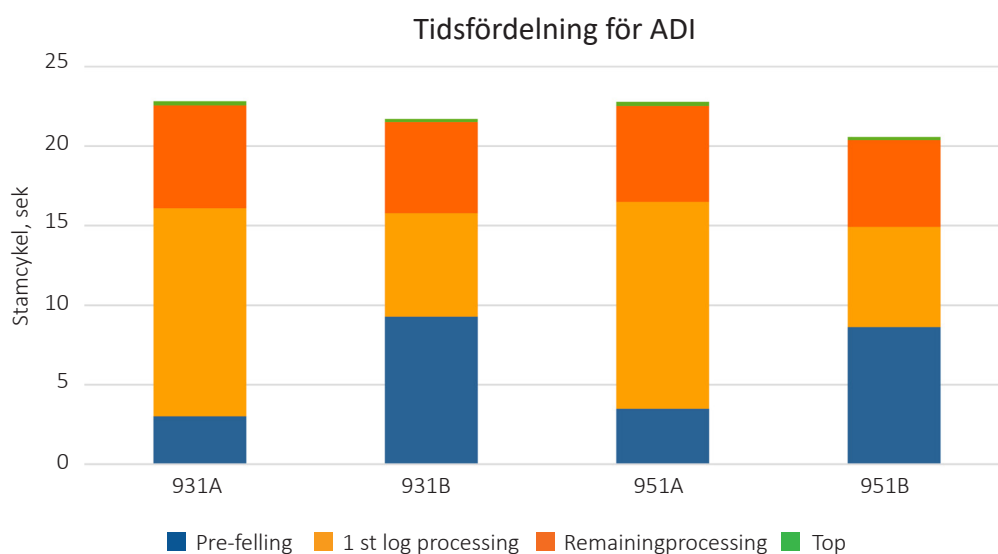


Figur 17. Genomsnittlig stamcykel per studieled där A och B indikerar de två förarna.

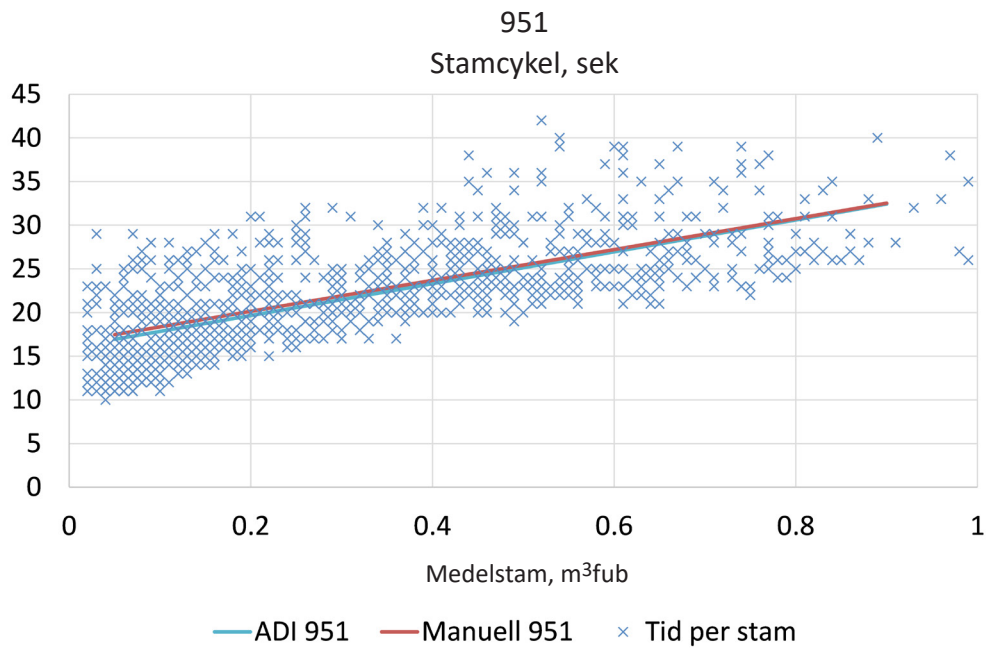


Figur 18. Genomsnittlig stamvolym per studieled.

Figur 17 visar att den genomsnittliga tidsåtgången per stam, med de filtreringar som gjordes av ADI-data, skattas mycket lika med de båda metoderna. ADI torde därmed kunna användas för insamling av stora datamängder, vilket ger större möjligheter att basera tidsfunktioner, maskin- och metodjämförelser på material med god representativitet. Av figur 18 framgår att överensstämmelsen mellan metoderna är något lägre vad gäller uppskattad medelvolym. Skillnaden består sannolikt i att ADI här ger en skattning med något högre precision, eftersom den baseras på skördarens stamvis måttbaserade kubering och inte på kubering enligt en avsmalningsfunktion.

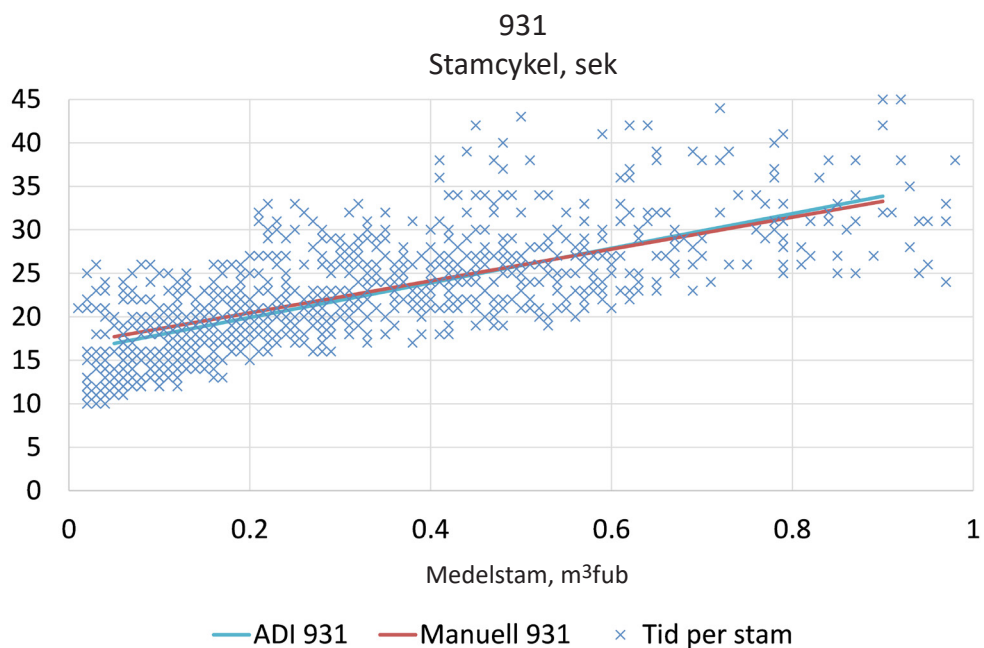


Figur 19. Genomsnittlig fördelning per arbetsmoment och försöksled för den ADI-baserade tidsstudien.



Figur 20. Prestationskurvor för Komatsu 951.

Figur 19 redovisar en ADI-baserad arbetsmomentanalys i en jämförelse av förare och maskin. Totaltiden indikerar en skillnad mellan förarna som är likartad för båda maskinerna. Skillnaden i fördelning på olika arbetsmoment antyder att förarna haft en individuell metodtillämpning, där momentkombinationen 1st log processing (Intag + Kvistning-kapning) registrerats med längre tid för förare A medan kombinationen Pre-felling (Körning + Kran ut + Positionering) avsätter mer tid för förare B. Orsakerna har inte analyserats.

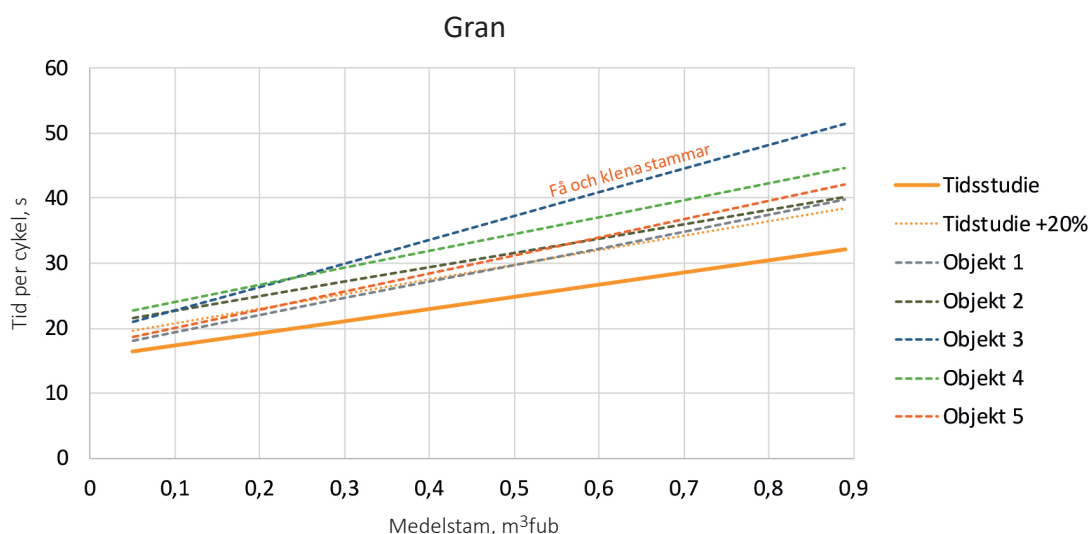


Figur 21. Prestationskurvor för Komatsu 931.

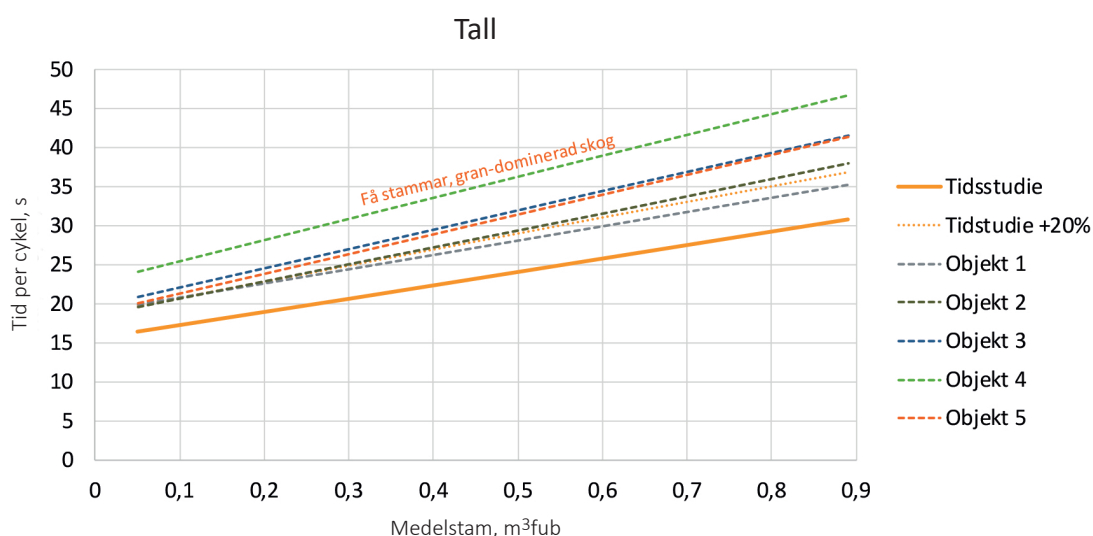
I figur 20 och 21 redovisas filtrerade data från tidsstudien tillsammans med grafik över prestandskurvor för 951 respektive 931 baserade på ADI och manuell tidsstudie. På träd-nivå visar sig ADI och manuell studie ge i stort sett identiska resultat för det material som insamlats i denna studie.

Uppföljning med ADI av Komatsu 951 i normal drift

Efter studien genomfördes en mer omfattande ADI-studie genom att data (hpr-filer med utökade tidsstämplar) samlades in från fem slutavverkningar under oktober och november 2015 utförda av samma Komatsu 951 som deltog i studien. Resultat för gran visas i figur 22, och för tall i figur 23. För både tall och gran indikerar uppföljningen att prestationen under normal drift sjunker med omkring 25 % jämfört med vid en tidsstudie.



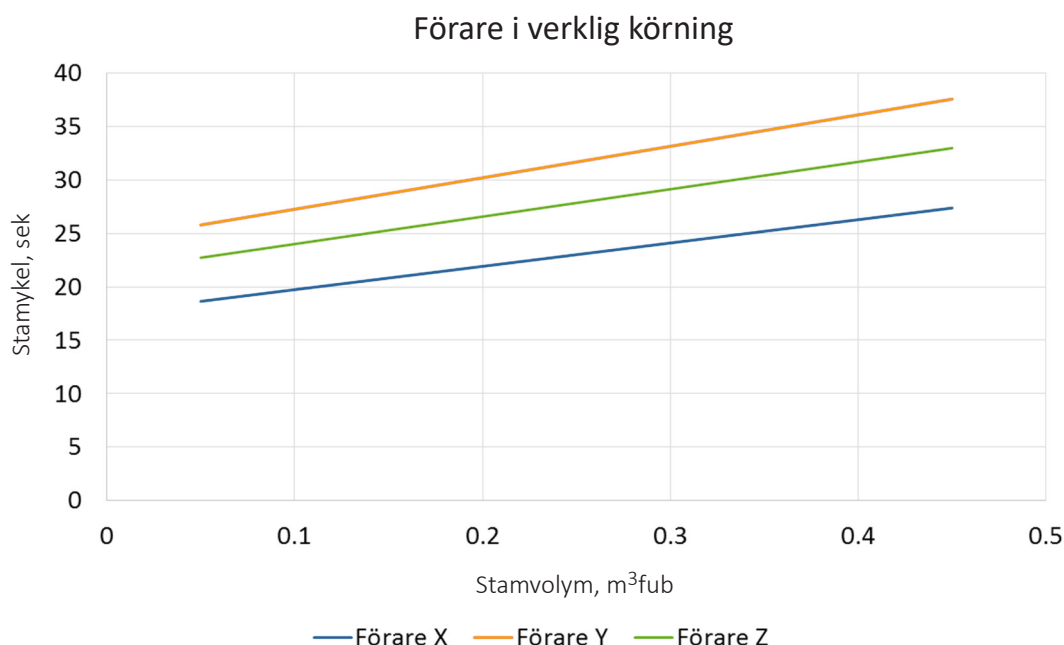
Figur 22. Prestationskurvor per objekt, räknat enbart på gran. I genomsnitt var prestationen 27% lägre i praktisk drift än i tidsstudien, dock exkluderades objekt 3 p.g.a starkt avvikande beståndstäthet och stamstorlek.



Figur 23. Prestationskurvor per objekt, beräknat enbart på tall. I genomsnitt är prestationen 24% lägre i praktisk drift än i tidsstudien (objekt 4 exkluderat).

Det är en välkänd och ofta gjord observation att prestationen i tidsstudier överträffar vad som uppnås under praktisk drift (Kuitto m.fl., 1994).

I figur 24 illustreras skillnader i prestation mellan förare som registrerats via ADI-studien, data som eventuellt kan utnyttjas för diagnostiska syften.



Figur 24. Skillnad i prestationen som krancykeltid per träd över stamvolym för tre olika förare på samma avverkningsobjekt.

FÖRARNAS UPPLEVELSE

De båda deltagande förarna intervjuades om sin upplevelse av de båda utvärderade skördarna. De var eniga om att

- Komatsu 951 erbjuder bättre komfort än 931 (stabilare maskin, bättre dämpning)
- Komatsu 931/365 upplevdes ha en snabbare matning än 951/C144, vilket förklaras av de mindre valsmotorerna hos 365-aggregatet. Detta gjorde att matningen av krokigare träd underlättades. Detta stöds av utvärderingar i t.ex. Kanada vad gäller avverkning av krokiga lövbestånd, där 365-aggregatet genomgående fått god kritik (Björheden 2016).
- C144-aggregatets matning upplevdes som mycket kraftfull, vilket gjorde att stammarna "rann igenom", dock med undantag för mindre, krokiga träd där 365 upplevdes bättre (se ovan).

Diskussion

Beståndet var något grövre än planerat, men detta bedöms inte ha påverkat resultaten. Båda maskinerna var relativt nya och hade före studien justerats av Komatsu.

Kostnaden uttryckt som kr/m³ub härleds ur timkostnaden för maskinen och uppmätt prestation. I studien har en genomsnittskostnad för maskinerna använts, även om Komatsu 931 har en relativt sett lägre timkostnad om den kontinuerligt körs i klenare bestånd. Den blygsamma skillnaden i timkostnad (1106 kr/G₀h för 931 emot 1116 kr/G₀h för 951) utgår från att den extra investeringskostnaden om ca 200 000 kr för 951 kompenseras genom ett högre restvärde av motsvarande storlek. I övrigt är kostnaderna desamma förutom dieselbränslet där 931 drar något mindre. Under antagandet att det är samma restvärde hos maskinerna blir kostnadsskillnaden ca 2 % eller 20 kr/G₀-tim när även skillnaden i bränslekostnad räknas in.

I denna studie konstateras relativt stora skillnader (20–30 %) mellan prestationen i studie och i praktisk drift (figur 23). Förarna i tidsstudien var erkänt duktiga och testet pågick enbart under en begränsad tid. Förarna i praktisk drift var inte de samma som testförarna. Det är en välkänd och ofta gjord observation att prestationen i tidsstudier överträffar vad som uppnås under praktisk drift. (Se t.ex. Kuitto m.fl. 1994, som fann en genomsnittlig skillnad på 22,4 % mellan prestationen i tidsstudier och driftsuppföljning av mekaniserad avverkning). Det beror dels på studiens korta varaktighet men också på att förhållandena även i övrigt ofta är tillrättalagda under en studie (genom beståndsval mm) jämfört med vad som gäller i praktiska operationer. Dessutom tillkommer kortsiktigt en generellt motivationshöjande effekt av själva studiesituationen. Tidsfunktioner framtagna genom begränsade, konventionella studier bör därför nivåläggas med hjälp av större datamaterial från exempelvis driftsuppföljning innan de används för t.ex. planerings- eller prognosändamål. I framtiden bör ADI-material kunna tjäna detta syfte.

Figur 24 illustrerar de stora skillnader som existerar mellan olika förare. De skillnader som kan observeras är betydligt större än vad som normalt kan beläggas mellan olika maskinmodeller. Det är väl belagt att skillnader i skicklighet, erfarenhet och motivation regelmässigt skapar prestationsskillnader på mellan 20–50 % mellan maskinoperatörer som utför komplexa arbetsuppgifter med betydande intellektuellt innehåll t.ex. i form av planering. I någon mån skulle dock denna typ av data kunna utnyttjas för att identifiera förare med behov av metodutbildning (eller med särskilt god metodtillämpning, som kan förtjäna att spridas).

Denna studie visar att ADI kan vara användbart för att göra tidsstudier och prestationsanalyser baserat på standardiserade StanForD-filer. I tidigare försök (Arlinger m.fl. 2014) baserades ADI-ansatsen på TimberLink från John Deere. Både denna studie och den tidigare studien visar att det går att efterlikna de resultat som produceras i traditionella tidsstudier. Filtrering av datamaterialet kan i hög grad kompensera för förlusten av tidsstudiemannens kvalitativa bedömningar. På arbetsmomentnivå är ADI dock ännu inte i nivå med den konventionella arbetsstudien, men det förefaller rimligt att det går att förbättra utfallet härvidlag med relativt begränsade insatser. I en förlängning kan ADI även nyttjas för att göra tidsstudier av parallellt förekommande arbetsmoment, vilket är mycket svårt att åstadkomma i konventionella studier. Detta ger nya möjligheter till analyser med sikte på effektivitetsutveckling av såväl teknik som metod. Komatsus data var enkla och robusta att arbeta med. Det bör inte vara omöjligt att i framtiden få även andra maskintillverkare att vid behov lagra dessa utökade tidsstämplar.

Ett par specifika avvikelser mellan ADI och manuell tidsstudie var tydligt urskiljbara:

- Stamvolymerna skiljer sig åt mellan ADI och manuella studien vilket troligen beror på det faktum att volymerna i den manuella studien skattades med hjälp av DBH och en lokalt anpassad volymfunktion (figur 18).
- Uppdelning på arbetsmoment där de två förarna väsentligen skiljer sig åt när det gäller andelen Pre-felling (figur 19). Hur fällkapet registreras måste analyseras vidare tillsammans med Komatsu.

De data som insamlas genom tidsstudier och driftsuppföljning har stor betydelse som underlag för prognoser, planering och uppföljning samt metod- och teknikutveckling i skogsbruket. Representativiteten i insamlade data skulle kunna ökas betydligt genom att utnyttja skogsmaskinernas stora och ökande förmåga att själva registrera vilka arbetsuppgifter som utförs. Detta gäller både terrängtransport och avverkning och skulle förbättra förutsättningarna för planering, uppföljning och utvecklingsarbete. Genom ADI kan omfattande tidsstudier med mycket hög upplösning utföras till låg kostnad även avseende samtidigt pågående, parallella arbetsmoment.

ADI innebär dock knappast att manuella arbetsstudier blir överflödiga. De manuella metod-, tids- och arbetsstudierna kan ge information som inte idag kan insamlas genom ADI. Det gäller särskilt icke-cykliska och kvalitativa data, tex förekomst av dubbelstam, snöbrott, olika störningar mm. Denna kunskap är även en grund för att rätt förstå och utvärdera de stora datamängderna från ADI-studier. Kombinationen av ADI och manuella studier ökar värdet på det stora högupplösta ADI-materialet genom att utnyttja människans förmåga till komplexa, kvalitativa bedömningar. ADI kan därmed sägas utgöra ett värdefullt komplement, men inte en ersättning för manuella insatserna.

Slutsatser

Studiens resultat antyder att kostnaden för avverkning med den något större maskinen, Komatsu 951/C144, kan förväntas vara något lägre än för jämförelsemaskinen, Komatsu 931/365. Erfarenhetsmässigt är denna fördel ökande, ju grövre skog maskinen kommer att hantera.

Förarnas upplevelse av den större maskinen som mer komfortabel, stabilare och med bättre dämpning är viktig att notera liksom deras upplevelse av det mindre 365-aggregatet, med dess något kortare bygghöjd, som mer följsamt. De uppskattade dock dragkraften i det större C144-aggregatet vid hantering av de större träden.

De kostnadsskillnader som kunde noteras vid jämförelse av 951 och 931 är dock mycket blygsamma jämfört med de skillnader som kunde noteras mellan olika förare i den uppföljande ADI-studien av 951. Att satsa på att få förare med god metodkunskap och god förmåga att underhålla och utnyttja det kompetenta verktyg en skördare utgör är sannolikt ett mera verksamt medel för att uppnå ett gott slutresultat än valet av skördarmodell.

Båda maskinerna presterar väl vad gäller utnyttjande av virkesvärdet, med en marginell fördel för 365-aggregatet, sannolikt som en följd av en något bättre kalibrering av aggregatet.

Apteringsgraden, analyserad genom jämförelse av maskinernas utförda aptering på slumpmässigt valda provträd jämfört med "facit" enligt Skogforsks programvara Aptupp är lika för maskinerna. Komatsu 931 nådde 97,4 % jämfört med 97,3 % för 951.

Längdutfallet vid fördelningsaptering, analyserat med Aptan följer väl det önskade mönstret och båda maskinerna tar ut timmer och toppar till ungefär samma diameter vid fördelningsapteringstest.

Tillämpningen av ADI baserat på StanForD 2010 för automatiska tidsstudier var mycket lovande, även om full upplösning i arbetsmoment inte kunde säkerställas. Studien pekar på att kombinationen av riktade, konventionella studier med de kvalitativa bedömningar en erfaren tidsstudieman kan göra och en utvecklad ADI-teknik skulle kunna ge ett betydligt bättre framtida underlag i alla de områden där tidsstudier kommer till användning.

Referenser

- Arlinger, J., Brunberg, T., Lundström, H. & Möller, J. 2014. Jämförelse av JD1170E och JD1470E i slutavverkning hos SCA Skog AB hösten 2013. Arbetsrapport 817-2014, Skogforsk.
- Björheden, R., 2016. Mekaniserad avverkning av grova lövträd – en litteraturstudie, Arbetsrapport 907-2016, Skogforsk.
- Komatsu, 2017. Tekniska specifikationer tillgängliggjorda på www.komatsuforest.se/2017-12-13.
- Kuitto, P.-J., Keskinen, S., Lindroos, J., Oijalla, T., Rajamäki, J., Räsänen, T. & Terävä, J., 1994. Puutavaaran koneellinen hakku ja metsäkuljetus. Metsäteho Report 410.
- SDC, 2015. Anvisningar för godkännande & kontroll av virkesmätning med skördare. SDC:s instruktioner för virkesmätning, nedladdad från www.sdc.se/admin/Filer/Tillämpningsanvisningar/SDCs%20Anvisningar%20för%20skördarkontroll%202015-10-26.pdf
- Skogforsk 2017. Programvara tillgänglig på www.skogforsk.se/produkter-och-evenemang/verktyg/timan-2.1/2017-12-13

Bilaga 1

Momentdefinitioner använda vid tidsstudier av skördare.

Krut	Kran ut	Från topp klar till positionering påbörjas
Fall	Fällning	Positionering och genomsågning
Inta	Intagning	Från genomsågning till kvka påbörjas
Kvka	Kvistning-kapning	Tid för kvka
Krin	Kran in	Från kvka till förflyttning
Topp	Tillrättaläggning topp	Tillrättaläggning av topp till stickväg
Korn	Körning	Körning med skördaren
Ovr1	Röjning o döda träd	Underväxtröjning o döda träd
Ovr2	Övrigt	Övrigt
Ovr3	Flyttning av rishög	Flyttning av rishög

Bilaga 2

I figur 1-5 nedan presenteras de prismatriser som användes under studien.

Prismatris	Fördelningsmatris				Begränsningsmatris				Övrigt				
Längd\Dia	130	143	157	175	189	207	216	225	245	261	283	316	361
310	325	345	385	395	403	410	440	445	450	465	465	465	435
370	395	415	415	445	453	455	460	465	470	475	475	475	475
430	425	445	480	490	497	505	525	530	535	543	543	543	513
490	450	460	505	515	518	518	548	558	563	563	563	563	533
520	450	460	505	515	518	518	548	558	563	563	563	563	533
550	470	485	520	528	538	555	561	566	575	575	575	575	545

Figur 1. Prismatris Gällötimmer vid värdeaptingstest. Rödmarkerade priser, endast tillåtna att aptera manuellt.

Prismatris	Fördelningsmatris				Begränsningsmatris				Övrigt				
Längd\Dia	130	143	157	175	189	207	216	225	245	261	283	316	361
310	330	350	385	395	403	410	440	445	450	465	465	465	435
370	400	420	455	465	473	480	505	510	515	530	530	530	500
430	430	450	485	495	503	510	530	535	540	548	548	548	518
490	442	462	497	507	515	522	540	545	550	555	555	555	525
520	452	472	507	517	525	532	547	552	557	562	562	562	532
550	460	480	515	525	533	540	553	558	563	568	568	568	538

Figur 2. Prismatris Gällötimmer vid fördelningsapting. Rödmarkerade priser, endast tillåtna att aptera manuellt.

Prismatris	Fördelningsmatris				Begränsningsmatris			
Längd\Dia	40	50	90	131				
280	10	10	1	1				
310	245	250	250	250				
340	245	250	250	250				
370	245	250	250	250				
400	245	250	250	250				
430	245	250	250	250				
460	245	250	250	250				
490	245	250	250	250				
520	245	250	250	250				
535	245	250	250	250				

Figur 3. Prismatris massaved enligt använts i maskinen vid värdeaptingstest. Rödmarkerade priser, endast värdeapting och mörka fördelningsapting.

Prismatris	Fördelningsmatris													Begränsningsmatris	Övrigt
Längd	130	143	157	175	189	207	216	225	245	261	283	316	361		
310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
370	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
430	35	35	20	20	20	20	15	15	15	15	15	15	15		
490	40	40	60	60	60	0	60	60	60	60	60	60	60		
520	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0		
550	10	10	20	20	20	40	25	25	25	25	25	25	25		
Totalt	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		

Figur 4. Fördelningsönskemål i fördelningstestet. SCA-standard önskemål för Gällö sågverk.

Prismatris	Fördelningsmatris			
Längd	40	50	90	131
280	0	0	0	0
310	0	0	0	0
340	0	0	0	0
370	0	0	0	0
400	0	0	0	0
430	0	0	0	0
460	0	0	100	100
490	0	0	0	0
520	0	0	0	0
535	0	0	0	0
Totalt	0	0	100	100

Figur 5. Fördelningsönskemål för FFG vid värdeaptingstest. Önskemål endast 460 cm bitar vid diameter över 90 mm. För klenare stockar toppdiametersök (toplog free buck).