



Tidsstudie och kvalitetsuppföljning vid jämförelse av små och konventionella skördare och skotare i förstagallring

Time study and quality monitoring when comparing of small and conventional harvesters and forwarders in the first thinning



Henning Gustavsson

**Arbetsrapport 5 2017
Examensarbete 30hp A2E
Jägmästarprogrammet**

**Handledare:
Tomas Nordfjell**

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skogens biomaterial och teknologi
S-901 83 UMEÅ

www.slu.se/sbt

Tfn: 090-786 81 00

Rapport från Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Tidsstudie och kvalitetsuppföljning vid jämförelse av små och konventionella skördare och skotare i förstagallring

Time study and quality monitoring when comparing of small and conventional harvesters and forwarders in the first thinning

Henning Gustavsson

Nyckelord: Kostnader, ekonomi, produktivitet, stickvägsbredd, beståndsgående, Malwa, Ponsse, John Deere

Arbetsrapport 5 2017
Jägmästarprogrammet
EX0772, A2E

Examensarbete i skogshushållning vid Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi, 30hp
Handledare: Tomas Nordfjell, SLU, Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi
Examinator: Dan Bergström, SLU, Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi
Utgivningsort: Umeå
Utgivningsår: 2017
Rapport från Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Förord

Denna studie har utförts som ett examensarbete vid SLU i Umeå på uppdrag av Södra skogsägarna ek. för. Studien har varit möjlig att genomföra tack vare ett stipendium från Gösta Edströms Hedersfond, vilket jag vill tacka extra mycket för. Studien var en tidsstudie och kvalitetsuppföljning och genomfördes för att jämföra små med konventionella skördare och skotare i förstagallring. Personal på Skogforsk har utfört tidsstudiemätningen av skördarna. Studien har varit mycket intressant och lärorik.

Jag vill tacka mina handledare Tomas Nordfjell på SLU och Magnus Petersson på Södra Skogsägarna ek. för. som ställt upp och hjälpt mig under hela arbetets gång. På Skogforsk vill jag tacka Hagos Lundström som hjälpt mig med tidsstudiemätningarna på skördarna, samt övriga som hjälpt till med studien, bl.a. Rolf Björheden, Torbjörn Brunberg och Magnus Thor. Jag vill även tacka förarna Anders och Daniel på Hallforsens Entreprenad AB som kört maskinerna, Magnus Wallin på Malwa Forest AB, Johnny Yngvesson samt alla andra medarbetare på Södra Skog som tagit fram olika underlag för studien. Stort tack till alla som gjort denna studie möjlig.

Sammanfattning

I Sverige utförs gallringar vanligtvis med konventionella skördare och skotare (11-20 ton) men vissa skogsägare efterfrågar mindre maskiner (5-11 ton).

En fältstudie utfördes i södra Sverige med syfte att jämföra små (5-11 ton) skördare (S-skördare) och skotare (S-skotare) med konventionella skördare (K-skördare) och skotare (K-skotare) avseende tidsåtgång, produktivitet, kostnader samt kvalitet på genomförd förstagallring. K-skördaren hade flerträdsaggregat vilket inte S-skördaren hade. Studien genomfördes på fem försöksytor per drivningssystem och totalt studerades avverkning av 5534 träd och 53 skotningslass.

S-skördaren hade lägre produktivitet än K-skördaren oberoende av skördad medelstam. Vid en medelstam på 0,04 m³fub var produktiviteten för S- och K-skördaren 4,3 respektive 5,7 m³fub/G₀-timme. K-skördaren flerträdsanterade totalt 28% av träden och 44% av de träd som var mindre än 0,04 m³fub.

Ett fullt lass var i medeltal för S-skotaren 3,3 och för K-skotaren 6,5 m³fub. S-skotaren hade lägre produktivitet än K-skotaren och skillnaden ökade vid ökat skotningsavstånd. Vid 200 m skotningsavstånd var produktiviteten för S- och K-skotaren 6,3 respektive 11,6 m³fub/G₀-timme. Vid studiens medelstam på 0,04 m³fub och ett skotningsavstånd på 200 meter var drivningskostnaden för S-drivningssystemet 18% högre än för K-drivningssystemet.

S- och K-drivningssystemet hade i medeltal en stickvägsbredd på 3,1 respektive 4,4 m men stickvägsandelen var högre för S-drivningssystemet (24%) än för K-drivningssystemet (20%). Gallringskvoten på ca 0,75 och frekvensen av stamskador på ca 2% var lika för drivningssystemen.

Kvaliteten på genomförd gallring var tillfredställande för båda drivningssystemen, men produktiviteten var betydligt lägre för S-drivningssystemet. För att S- och K-drivningssystemen ska vara på samma kostnadsnivå krävs ett 12-31% lägre timpris för S-drivningssystemet än det som använts i denna studie.

Nyckelord: Kostnader, ekonomi, produktivitet, stickvägsbredd, beståndsgående, Malwa, Pose, John Deere

Summary

In Sweden thinning is usually performed with conventional harvesters and forwarders (11-20 tonnes) but some forest owners require smaller machines (5-11 tons). A field study was conducted in southern Sweden with the aim of comparing small (5-11 tonnes) harvesters (S-harvesters) and forwarders (S-forwarders) with conventional harvesters (K harvesters) and forwarders (K-forwarders) with regard to time, productivity, costs and quality of a completed first thinning. K-harvester had an accumulating harvester head which the S-harvester did not have. The study was conducted in five paired experimental plots per harvesting system and a total of 5534 felled stems and 53 forwarders loads were studied.

The S-harvester had lower productivity than the K-harvester, regardless of the harvested average stem. At an average stem of $0.04 \text{ m}^3\text{fub}$, the productivity of the S and K harvester were 4.3 and $5.7 \text{ m}^3\text{fub}/\text{G}_0\text{-hour}$. The K-harvester managed 28% of the total harvested trees with accumulation and 44% of the trees that were smaller than $0.04 \text{ m}^3\text{fub}$.

A full load was in average for the S-forwarder $3,3 \text{ m}^3\text{fub}$ and the K-forwarder $6,5 \text{ m}^3\text{fub}$. The S-forwarder had lower productivity than K-forwarder and the difference increased with increasing forwarding distances. At a forwarding distance of 200 m, the productivity of the S and K forwarder was 6,3 and $11,6 \text{ m}^3\text{fub}/\text{G}_0\text{-hour}$. At the study's average stem of $0,04 \text{ m}^3\text{fub}$ and a forwarding distance of 200 meters the total cost of the S-drive system was 18% higher than for the K-drive system.

The S and the K-drive system had in average a strip road width of 3,1 and 4,4 m, but the strip roads proportion was higher for the S (24%) than for the K (20%). The thinning ratio of about 0,75 and the rate of the stem injuries of about 2% was equal for drive systems.

Quality of the completed thinning was satisfactory for both harvesting systems, but the productivity was significantly lower for the S-drive system. For the S and K-drive systems to be at the same cost level, a lower hourly rate for the S-drive system would be needed.

Keywords: cost, economy, productivity, strip roads, stand-operated, Malwa, Ponsse, John Deere

Innehåll

1. Inledning.....	1
1.1 Gallring och gallringsmetoder.....	1
1.2 Skördare och skotare.....	2
1.3 Skördare och skotares produktivitet i gallring.....	2
1.4 Studiens syfte.....	3
2. Material och metoder.....	4
2.1 Generellt och maskiner.....	4
2.2 Bestånd och försöksytor.....	4
2.3 Tidsstudie.....	7
2.4 Maskinförare.....	10
2.5 Beräkningar och analyser.....	10
2.5.1 Beräkning av bestånds faktorer.....	10
2.5.2 Beräkning av tidsåtgång och produktivitet.....	10
2.5.3 Beräkning av tidsåtgången för enskilda moment.....	11
3. Resultat.....	13
3.1 Beståndsdata.....	13
3.1.1 Grundyta, stamantal, diameter och gallringskvot.....	13
3.1.2 Avverkning och bränsleförbrukning.....	14
3.1.3 Stickväg och skador.....	14
3.2 Tidsstudie skördare.....	15
3.2.1 Tidsåtgång och produktivitet.....	15
3.2.2 Tidsåtgång för enskilda träd och arbetsmoment.....	16
3.2.3 Flerträds hantering och storlek på virkeshögar.....	17
3.3 Tidsstudie skotare.....	18
3.3.1 Tidsåtgång och produktivitet.....	18
3.3.2 Tidsåtgång enskilda arbetsmoment.....	19
3.4 Kostnader.....	20
3.4.1 Avverkningskostnad.....	20
3.4.2 Skotningskostnad.....	21
3.4.3 Total drivningskostnad.....	21
4. Diskussion.....	24
4.1 Tolkning av resultatet.....	24
4.1.1 Skördare.....	24
4.1.2 Skotare.....	26
4.1.3 Bränsleförbrukning.....	26

4.1.4 Bestånd	27
4.1.5 Kostnader.....	28
4.2 Styrkor och svagheter	28
4.2.1 Styrkor	28
4.2.2 Svagheter	29
4.3 Behov av fortsatta studier	29
4.4 Användning av S-systemet i praktiken.....	30
4.5 Slutsatser.....	30
Litteraturförteckning.....	31
Bilaga. Tekniska data på gallringsmaskiner	36

1. Inledning

1.1 Gallring och gallringsmetoder

”Gallring är en beståndsvårdande utglesning av skog under tillvaratagande av virke” (Håkansson, 2000). Under 2012 gallrades i Sverige ca 394 000 hektar (Eriksson, 2014). De flesta gallringarna utförs med stickvägsgående skördare och skotare, men vissa skogsägare vill att små (5-6 ton) maskiner ska användas (Grönesjö, 2016). Gallring kan utföras på olika sätt beroende på vad man vill uppnå och vilka maskiner man använder. Vid gallring tas stickvägar upp där både skördare och skotare kör, vägen är en uppsamlingsväg för virke. Alternativt kan man lägga ut beståndsstråk mellan stickvägarna. I stråken kör bara skördaren och inte skotaren. Beståndsstråken är smalare än stickvägarna och är placerad mitt mellan två stickvägar. Inget virke läggs längs beståndsstråken (Dahlin, 2008), utan skördaren lägger virket ut mot närmaste stickväg. En maskin som är beståndsgående är ofta smalare än en stickvägsgående. Detta gör att en beståndsgående maskin kan slingra sig fram genom beståndet och göra smalare stickvägar än en stickvägsgående maskin (Edlund, 2015). En stickvägsgående maskin kan arbeta både genom att lägga upp beståndsstråk och genom att lägga upp stickvägar som skotaren kan köra på.

Stickvägsbredden påverkar beståndets framtida totala volymtillväxt. Med en stickvägsbredd på 3,5 meter kan kanträden kompensera för utebliven ytproduktion i stickvägen. Även vid fem meter breda stickvägar kompenserar kanträden för mer än hälften av den volymförlust som blir vid utebliven ytproduktion i stickvägen (Eriksson, et al., 1994). Volymtillväxten är även beroende av stickvägsavståndet (Pettersson, 2016). Ett stickvägsavstånd på 20 meter med en stickvägsbredd på 5 meter gav en 10,0 %-ig tillväxtförlust (Eriksson, et al., 1994). Vid ett kortare stickvägsavstånd på 15 meter med en stickvägsbred på 3,5 meter blev volymtillväxtförlusten 11,5 %.

Dagens konventionella skogsmaskiner kräver 3,5 till 4,3 meters stickvägar (Lageson, 1997; Lindmark, 2002) vilket leder till tvingande uttag i stickvägarna vid förstagallring. Skogsforskningen hävdar att man får ett stormfastare bestånd om man tar upp dessa 3,5 – 4,3 meters stickvägar redan vid första gallring (Agestam, 2009). Enligt Fransson (2008) är inte sannolikheten högre för stormfällning vid stickvägarnas kanter i granbestånd än mellan stickvägarna. Inte heller bredden på stickvägen ökar risken för stormskador, utan det är vägen som sådan som kan ge upphov till ökad risk, och därför bör stickvägarna tas upp tidigt (Blomgren, 2006). Vid breddning av stickvägarna i senare gallring blir nya vägträd friställda vid en högre höjd, vilket leder till ökad risk för stormskador.

Rekommendationen för att minska risken för stormskador är att göra en första gallring tidigt (under 15 meters övrehöjd) för att skapa ett stormsäkert bestånd. Det finns ett starkt samband mellan höjden på träden vid gallringstillfället och risken för stormskador de närmast följande åren (Pettersson, 2016).

Vid gallring med små (5 - 6 tons) skördare och skotare har en studie visat att det finns fler grova träd, större volym och högre grundyta i det kvarvarande beståndet än när konventionella maskiner används (Edlund, 2015). Stickvägsarealen var signifikant lägre för de små maskinerna, då beståndsstråk användes. Stickvägsbredden för de små maskinerna var 3,2 meter och för de konventionella var 4,3 meter.

Skadeandelen i bestånden var lägre för de små maskinerna jämfört med de konventionella maskinerna (Edlund, 2015; Öberg, 2016).

1.2 Skördare och skotare

Utvecklingen avseende skogsmaskiner har gått snabbt de senaste 40 åren. Skogsarbete är ett tungt arbete och efter andra världskriget började olika skogsmaskiner utvecklas. År 1957 introducerades "Bamse" som var en bandgående maskin som liknade en lantbrukstraktor vilken är föregångare till dagens skotare. Därefter utvecklades även maskiner för mekaniserad avverkning, men det var först i mitten av 1980-talet som gallringens mekanisering tog fart i och med att engreppsskördarna introducerats. Vid storskalig gallring utfördes år 1985 gallringen till 52% motormanuellt, till 22% med engreppsskördare och till 18% med processorer. Två år senare, 1987, var andelen 40%, 38% och 13% för respektive metod (Nordfjell, et al., 2010; Freij & Tosterud, 1989). Efter detta har både större och mindre skördare och skotare för gallring utvecklats samt tekniken (Lindroos, et al., 2008; Johansson, 2007; Bergkvist & Ludström, 2007; Persson, 2016).

Skördare och skotare klassificeras efter storlek, skördarna delas in efter maskinens tyngd i ton. Gruppen *små* skördare är de med en vikt upp till och med 11 ton. *Mellanstora* skördare är de med en vikt mellan 11 och 16 ton. Gruppen *stora* skördare har en vikt mellan 16 och 20 ton och gruppen *XL* skördare har en vikt över 20 ton. Skotarna delas in efter deras maximala last. Till gruppen *små* skotare räknas maskiner med en maximal last upp till och med 11 ton och till gruppen *mellanstora* skotare räknas de med en maximal last mellan 11 och 14 ton. Över dem ligger gruppen *stora* skotare med en maximal last mellan 14 och 17 ton och gruppen *XL* skotare med en maximal last över 17 ton (Nordfjell, 2014). I bilaga 1 är tekniska data för den svenska marknadens små och mellanstora skördare och skotare sammanställda.

De maskiner som idag används för gallring är främst de som tillhör gruppen mellanstora skördare och mellanstora skotare (Sirén & Aaltio, 2003). En del markägare vill ha små maskiner i gallring och många av dem vädersätter låg andel gallringsskador i sina bestånd som viktigaste faktorn vid önskemål på hur gallringen ska utföras (Grönesjö, 2016). Spännvidden i storlek inom gruppen små skördare och små skotare är stor. En del modeller av skördare väger strax under 5 ton och en del skotare har en lastförmåga på omkring 5 ton (cf. Spinelli & Magagnotti, 2010; Lazdis, et al., 2016).

1.3 Skördare och skotares produktivitet i gallring

För stickvägsgående engreppsskördare i gallring finns en norm som visar grundproduktivitet och korrigeringsfaktorer (Brunberg, 1997). I normen korrigeras produktiviteten efter andel uttagna träd och kvarvarande träd beroende på om det är en första eller andra gallring. Normen korrigerar även för lövandel, och en ökad lövandel sänker produktiviteten. Grundproduktiviteten är 5,2 m³fub/G₁₅-timme (m³fub är volymen under bark och G₁₅-timme är tiden som åtgår för att göra en arbetsuppgift med tid för kortare avbrott mindre än 15 min) vid en skördad medelstam på 0,04 m³fub och 9,0 m³fub/G₁₅-timme vid en skördad medelstam på 0,08 m³fub. Det finns en produktionsnorm för skotare i gallring, där produktiviteten för mellanstora skotare är 11,9 m³fub/G₁₅-timme vid enkelt medeltransportavstånd på 200 meter, två sortiment och uttag på 50 m³fub per ha (Brunberg, 2004).

Små stickvägsgående skördares produktivitet kan variera mellan 4,5 och 10,3 m³fub/timme vid en uttagen medelstam 0,04 till 0,1 m³fub (Kärhä, et al., 2004; Sirén & Aaltio, 2003; Dahlin, 2008). Studier har visat att små skördare har en lägre avverkningskostnad än konventionella skördare vid en medelstam upp till 0,09 m³fub (Theelin, 1990; Brunberg & Lundström, 2010). Vid användning av beståndstråk för små skördare var produktiviteten 1,32 m³fub/timme högre än utan beståndsstråk (Mederski, 2006). Persson (1993) visade att två beståndstråk istället för ett försämrade produktiviteten med 5%. Vid en arbetsmetod där skotaren körde på alla stickvägar som skördaren kört på blev drivningskostnaden ca 121 kr/m³fub (Dahlin, 2008). Vid arbetsmetoder där skördaren körde ett eller två beståndsstråk mellan skotarens stickvägar blev kostnaden lägre, ca 119 kr/m³fub (Dahlin, 2008). Små skotares produktivitet varierar mellan 3,1 till 3,8 m³/G₁₅-timme vid ett medeltransportavstånd på 400 meter vid en studie som Spinelli & Magagnotti (2010) gjort på en nerlagd jordbruksmark.

Skördare kan utrustas med olika aggregat som påverkar produktiviteten (Janson, 2011). Många skördare utrustas med flerträdshantering, som kan vara armar ovan aggregatet som möjliggör att skördaren kan ackumulera flera träd och upparbeta dem ihop. Med flerträdshantering kan produktiviteten öka med 15 till 50 % vid klenare gallringar med skördad medelstam på 0,03 till 0,05 m³fub (Brunberg & Iwarsson-Wide, 2013).

1.4 Studiens syfte

Privata markägares intresse för små skördare och skotare i gallring är stort (Grönesjö, 2016).

Syftet var att jämföra tidsåtgång och kostnader för en normalutrustad liten skördare och en liten skotare med en normalutrustad konventionell mellanstor skördare och en konventionell mellanstor skotare i förstagallring. Syftet var också att jämföra bränsleförbrukning, stickvägsbredd, stickvägsandel, gallringskvot och stamskador mellan de två avverkningsystemen.

Hypotesen var att ett drivningssystem bestående av en liten skördare och en liten skotare har eller medför i) en högre tidsåtgång per m³fub än det konventionella systemet; ii) högre kostnad än det konventionella systemet per m³fub; iii) smalare stickvägar och högre stickvägsandel än det konventionella systemet; iiiii) lägre gallringskvot och lägre frekvens av stamskador än konventionella.

Studien avgränsades till att utföras på områden med GYL (grundförhållande, ytstruktur, lutning) klass 2.2.2 (Berg 1982) och i grandominerade bestånd.

2. Material och metoder

2.1 Generellt och maskiner

Tidsstudien utfördes mellan den 28 september och den 19 oktober 2016. Studien gjordes i fyra olika bestånd belägna på Södra skogsägarnas fastighet i Yxkulesund, mellan Värnamo och Ljungby i västra Småland. För studien användes två olika skördare, en liten skördare (S-skördare), Malwa 560H och en konventionell mellanstor skördare John Deere 1170E (K-skördaren). Till skotningen användes en liten skotare Malwa 560C (S-skotaren) och en konventionell mellanstor skotare Ponsse Wisent (K-skotaren) (tabell 1). I den fortsatta redovisningen benämns de mellanstora maskinerna med konventionell skördare (K-skördare) respektive konventionell skotare (K-skotare). De små maskinerna benämns S-skördaren och S-skotare. Studien genomfördes i dagsljus vid en medeltemperatur på 10 plusgrader med mest uppehåll och endast någon enstaka skur. Lövträden var lövbeklädda under hela studien.

Tabell 1. Studerade maskiner

Table 1. Studied machines

Modell	Skördare		Skotare	
	Malwa 560H	John Deere 1170E	Malwa 560C	Ponsse Wisent
Typ	Små (S)	Konventionell (K)	Små (S)	Konventionell (K)
Vikt (ton)	7,3*	17,8	5,4	17,3
Lastkapacitet (ton)	-	-	5,5	12
Grindarea (m ²)	-	-	2,0	4,0 - 4,5
Kran längd (m)	6,2	11,3	6,1	10
Bredd (m)	2,10**	3,04***	1,95	2,84
Hjul (mm)	500	710	500	710
Aggregat	Log Max 928A	H754	-	-
Apteringsprogram	Log Mate 500	Timber matik H09	-	-
Matningshastighet (m/s)	3,1	4,5–6,0	-	-
Band/kedjor	Olofsfors Pro-Light baltic	Ecotrac	-	-
Antal hjul (st)	6	6	6	8
Flerträdshantering	Nej	Ja	-	-
Griparea (m ²)	-	-	0,20	0,26
Årsmodell	2013	2011	2014	2014
Timpris (kr/G ₁₅ -timme)	950****	1214*****	650****	740*****

*5,4 ton maskin, 1,3 ton vatten i hjulen, 0,6 ton för ett bandpar. **Med band (1,98 m utan band). *** Med band (2,92 m utan band). ****Timpris från maskintillverkare. ***** Timpris från Södra Skogsägarna.

2.2 Bestånd och försöksytor

I fyra bestånd lades totalt 10 försöksytor ut, 5 försöksytor för S-maskinerna och 5 för K-maskinerna. Genom lottning fördelades maskinerna mellan försöksytorna. Lottningen gjordes så att en av varje S-försöksyta hamnade bredvid en K-försöksyta. Varje försöksyta var rektangulär med en yta på 0,19 till 0,79 hektar (tabell 2).

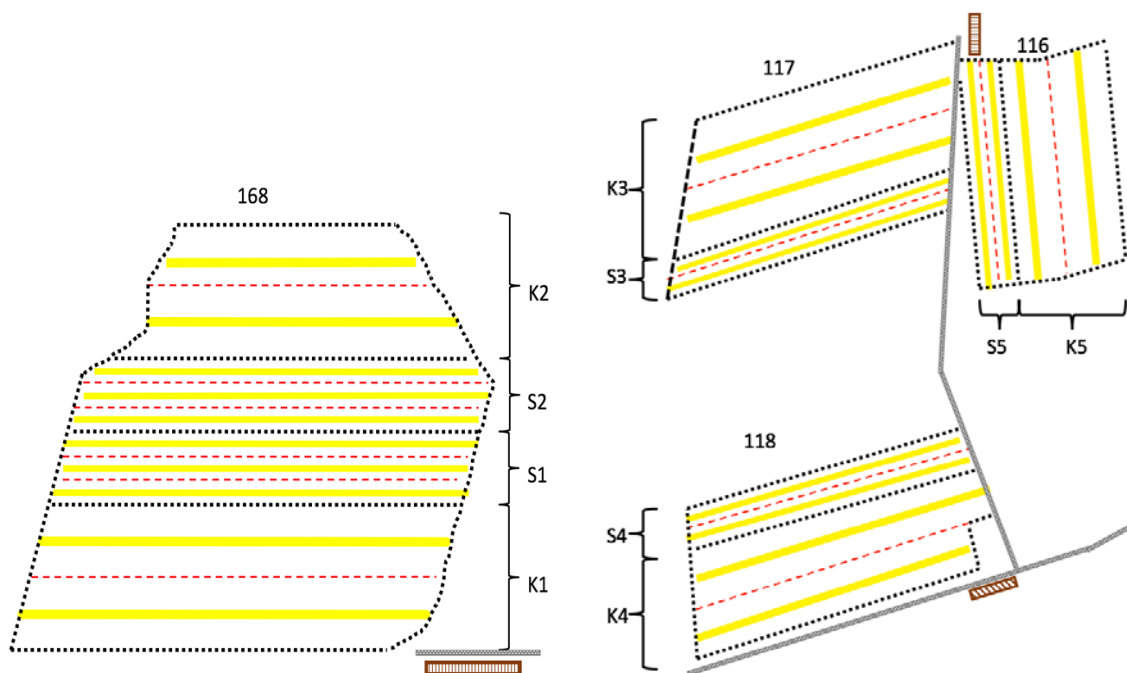
Alla försöksytor i bestånden som studien utfördes i hade terrängförhållanden GYL 222 (grundförhållande 2, ytstruktur 2 och lutning 2) enligt terrängtypschemat (Berg, 1982) bedömt subjektivt. Grundförhållande 2 innebär en frisk sandig moränmark. Ytstruktur klass 2 innebär måttligt med stenar mellan 10 - 30 cm höjd, sparsamt med stenar mellan 30–50

cm höjd samt enstaka stenar som var högre. Lutningen i beståndet var klass 2 som är en lutning mindre än 11° (20%).

Tabell 2. Försöksytor och bestånd. S innebär småmaskiner och K innebär konventionella maskiner
Table 2. Experimental plots and stands. S mean small machines and K mean conventional machines

Bestånd	Maskinsystem	Försöksyta	Areal (ha)
168	Konventionell	K1	0,79
168	Konventionell	K2	0,53
168	Små maskin	S1	0,63
168	Små maskin	S2	0,59
117	Konventionell	K3	0,52
117	Små maskin	S3	0,31
118	Konventionell	K4	0,42
118	Små maskin	S4	0,22
116	Konventionell	K5	0,47
116	Små maskin	S5	0,19

För både de små och konventionella maskinerna körde skotaren överallt där skördaren kört, skördarna gjorde inga slingerstråk. Före gallringen snitslades försöksytorna och bredden för S-skördarens försöksytor var 24 eller 36 meter breda beroende av om det var två eller tre stickvägar bredvid varandra. Försöksytans bredd anpassades till S-skördaren som nådde 6 meter åt varje sida (figur 2). Försöksytorna för K-skördaren var 44 meter breda, de bestod av två stickvägar där skördaren hade en räckvidd på 11 meter på varsin sida om stickvägen (figur 2). Alla stickvägarna märktes ut med gul snitsel i tänkt centrum av vägen och med röd snitsel i mellanzonen för att skördarna inte skulle skörda träd som tillhörde en annan stickvägs område. Försöksytorna märktes även med snitsel i ytterkanternas långsidor (figur 1).

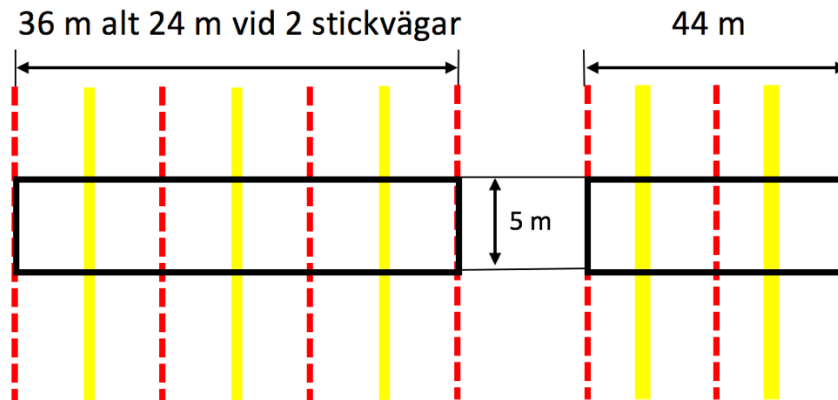


Figur 1. S1-S5 visar försöksytor för de små avverkningssmaskinerna som bestod av 2 till 3 parallella stickvägar. K1- K5 visar försöksytorna för de konventionella maskinerna som alltid bestod av 2 stickvägar (Se även tabell 2). De heldragna breda linjerna i försöksytorna visar stickvägarna, med streckad avgränsning mellan dem. Box med streck i illustrerar avlägg.

Figure 1. S1-S5 are experimental plots for the small logging machines which consisted of 2 to 3 parallel strip roads. K1-K5 are experimental plots for conventional machines that always consisted of two strip roads (see table 2). The solid thick lines in the experimental plots show the strip road, with dashed lines between them. Boxes with lines are landings.

I varje försöksyta lades det ut 2–3 rektangulära provytor för totalinventering, totalt 28 st (figur 2). Provytorna slumpades till att ligga 25, 65 respektive 105 meter in efter stickvägarna. De placerades vinkelrätt över stickvägarna och var 5 meter breda.

Före och efter gallringsstudien registrerades trädslag, antal träd och diameter i brösthöjd i provytorna. Diametern mättes vinkelrätt från stickvägarna och registrerades med hjälp av en Haglöf dataklave. Höjden mättes på slumpade provträd i provytorna. Efter att S-och K-skördarna gallrat och före skotning räknades antal virkeshögar med upparbetat virke av olika sortiment. I anslutning till alla provytor mättes stickvägarnas bredd på tio meter stickvägslängd, fem meter före provyta och fem i (figur 2). Stickvägsbredden mättes genom att centrum mellan hjulspåren bestämdes, därifrån mättes avståndet till det träd som stod närmast stickvägens centrum på var sida, enligt Södras standard. I provytorna inventerades barkskador på rot och stam uppkomna av skördaren och skotaren. Barkskador på stammarna som var större än 20 cm² noteras enl. Björheden & Fröding (1986) metod, dessa bedömdes okulärt. I stickvägarna mättes spårdjup i vänstra hjulspåret genom att mäta djupet i förhållande till intilliggande markyta bredvid hjulspåret. Tillvägagångssättet för insamling av data utfördes utifrån hur Södra Skogsägarna gör sina årliga gallringsuppföljningar.



Figur 2. En av tre totalinventerade provtytor (fyrkantiga boxen med fet heldragen linje) inom en försöksyta. De vertikala heldragna linjerna är stickvägar och de vertikala streckade är markeringar inom vilket område skördarna jobbat från stickvägarna. Vänster små maskiner (2 eller 3 stickvägar), höger konventionella maskiner (alltid 2 stickvägar), se även figur 1.

Figure 2. One of three experimental plots that were total inventoried (square box with thick solid line) within an experimental plot. The vertical solid lines are strip roads and the vertical dashed markings are within the area harvests worked from strip roads. The left for small machines (2 or 3 strip-roads), the right for conventional machines (always two strip-roads), see figure 1.

Beståndsegenskaperna för de parade försöksytorna för S-maskinerna (S1) och K-maskinerna (K1) bedömdes vara lika då de låg bredvid varandra (tabell 4). Före gallring var grundytorna för S-försöksytorna i medel 28,1 m² (standardavvikelse (SD) 5,2) och för K-försöksytorna i medel 28,7 m² (SD 3,4). Grundytorna före gallring var inte signifikant skilda ($p=0,84$) för de olika drivningssystemen. Antalet stammar per hektar (>60 mm i dbh) för S-försöksytorna före gallring var i medel 2 536 (SD 243) och för K-försöksytorna 2 353 (SD 206) (tabell 4). Skillnaden i stamtal före gallring för de två drivningssystemen var inte signifikant ($p=0,24$). Trädens diameter (>60 mm i dbh) i provytorna före gallring för alla S-försöksytor var i medel 113 mm (SD 3) och för K-försöksytorna 121 mm (SD 8) i diameter, vilket inte var en signifikant skillnad ($p=0,12$).

2.3 Tidsstudie

S och K skördarna gjorde inga beståndsstråk utan arbetade enbart med att lägga upp stickvägar. Det innebar att skotaren körde på alla vägar som skördaren kört på. K-skördaren hade som instruktion att hålla sig till den snitslade stickvägscentrum, vilket innebar att den höll sig 10 till 12 meter från den röda snitslade kanten på vänster respektive höger sida. S-skördaren hade som instruktion att slingra sig inom tre meter från den snitslade mittlinjen på varje sida för att undvika huvudstammar. S-skördaren fick även göra instick från stickvägen, om den inte nådde alla träd från stickvägen. Vid insticken apterade skördaren mot stickvägen, så skotaren kunde nå virket från stickvägen. K-skördaren skulle följa snittslingen men avvek max 2 meter från centrumlinjen beroende av stammar eller hinder.

Arbetsmomentindelningen för skördare och skotare (tabell 3) baserades på Jonsson et al. (2016) studie. De olika momenten var prioriterade från 1 till 3. Prioriteringen används om två moment skede samtidigt, då registrerades tiden på det momentet som hade lägst siffra (högst prioritering). Till exempel om förflyttning och kran ut skede samtidigt så registrerades tid på kran ut. Momentgränsen var satt till då momentet slutar.

I samband med tidsstudien registrerades antal träd som avverkades i stickvägen samt diametern och trädslag på alla träd som avverkades.

Vid tidsstudien av skördarna åkte en tidsstudieman med i hytten som registrerade de olika arbetsmomenten kontinuerligt i G_0 -tid (tabell 3). För att anteckna dessa olika momenten används en handburen Allegro dator. Vid skotningsarbetet registrerades arbetsmomenten kontinuerligt av en tidsstudieman som gick efter skotarna.

Tabell 3. Arbetsmomentindelning för skördare och skotare**Table 3.** Work elements for the harvester and forwarder

Arbetsmoment	Momentgränser	Prio
Skördare		
Kran ut	Från skördaren sträcker ut armen från stickvägen, eller sträcker ut armen efter ett träd är ackumulerat, eller från att topp släpps till att aggregatet är 0,5 meter från nästa träd.	1
Fällning	Från moment kran ut slutar till trädet lättar från stubben.	1
Intagning	Från moment fällning slutar till när aggregatet börjar mata stammen.	1
Kvistning/ kapning	Börjar när momentet intagning slutar till sista virkesbiten kapas.	1
Kran in	Från momentet kvistning/kapning slutar eller momentet topp slutar till kranen är inne vid stickvägen eller inne vid maskinen.	1
Topp	Från momentet kvistning/kapning slutar eller momentet kran in slutar till aggregatet släpper toppen.	1
Körning	Börjar när hjulen börjar rotera inför flytt till ny uppställningsplats och slutar när hjulen stannar.	2
Röjning	Röjning av underväxt med aggregatet. Börjar när aggregatet är 0,5 meter från underväxten och slutar när aggregatet släpper underväxten.	1
Körning till/från	Börjar när hjulen börjar rotera inför transport mellan avverkningsplats och koja, slutar när hjulen stannar.	2
Övrigt 1	Övrigt arbete som är nödvändigt för drivningen, exv. Flyttat virke	2
Risning	Risning (Grot placeras på stickvägen)	2
Störning	Arbete som inte ingår i drivningsarbetet, exv. telefonsamtal, kedjebrott, slangbrott.	3
Skotare		
Körning under lastning	Körning från första virkesgripen till sista virkesgripen. I beståndet från att hjulen börjar rotera tills de slutar rotera vid nästa uppställningsplats.	2
Tomkörning	Körning från avlägg till lastningsplats.	2
Körning full	Körning från lastningsplats med fullt lass till avlägg.	2
Kran ut	Från att gripen släppt virke i lasset eller första gången kranen går ut från lastredet tills gripen är ovan virke på marken.	1
Gripa	Från momentet kran ut eller momentet sammanförning slutar till gripen lyfts med virke i gripen.	1
Sammanföring	Från att momentet grip slutar tills momentet grip börjar vid nästa hög.	1
Kran in	Från momentet grip eller momentet jämndragning slutar till gripen är mitt över lasset eller att momentet jämndragning börjar.	1
Jämndragning	Från momentet kran in slutar till momentet kran in eller momentet släpp börjar (jämndragning av virket mot grinden eller marken under lastningen).	1
Släppa	Från momentet kran in slutar till virkesknippe släppts och moment kran ut eller tillrättläggning börjar.	1
Tillrättläggning	Justering av virket på lastbäraren. Från att momentet släpp slutar till momentet kran ut eller körning börjar.	1
Lossning	Från att gripen flyttas mot lastbäraren inför första krancykeln i lossningen tills gripen återgår efter lossningens sista krancykel inför transport mot-/lastningsplats.	1
Nytt avlägg	Från hjulen stannat till iordningläggning av nytt avlägg är gjort så momentet lossning kan börja.	2
Körning vid avlägg	Körning vid avlägg. Från att hjulen börjar rotera tills de slutar rotera vid nästa uppställningsplats.	2
Störning	Arbete som inte är nödvändigt för drivningen, exv. telefonsamtal	3
Övrigt	Övrigt arbete som är nödvändigt för drivningen, exv. Risning av basväg (Grot placeras på stickvägen)	3

2.4 Maskinförare

En och samma förare körde både S och K-skördarna, och en annan förare körde både S och K-skotarna. Gallringen utfördes så att S-skördaren gallrade sina ytor först och sedan gallrade K-skördaren sina ytor. Gallringen utfördes som låggallring med uttag av skadade och inte kvalitetsdugliga träd. Båda maskinsystemen skulle följa Södras rekommenderade gallringsmallar beroende på ingående grundyta. Sortiment som togs ut var massaved i fallande längder av barr och löv.

Skördarföraren hade kört skördare i 11 år varav den aktuella K-skördaren i 5,5 år och S-skördaren i 1 vecka (kört mer med en Malwa 560C men med samma reglage). Skotarföraren hade kört skogsmaskin i mer än 20 år varav den aktuella S-skotaren i 1 år (1800 timmar) och K-skotaren i nästan 1 år. Båda förarna bedömdes som duktiga.

2.5 Beräkningar och analyser

Insamlade data analyserades i excel och statistikprogrammet minitab. I minitab gjordes regressionsanalyser av hur tidsåtgången skiljde mellan de olika systemen och t-test mellan olika beståndsfaktorer för de olika systemen. Vid analyserna valdes nivån till 5 % för signifikant skilda medelvärden eller regressionslinjer ($p < 0,05$).

2.5.1 Beräkning av beståndsfaktorer

Den aritmetiska brösthöjdsmedeldiametern (D_a) räknades ut genom $(\sum_{i=1}^n d_i)/n$, där n står för antal träd och d för diametern. Den grundtytevägda medeldiametern räknades ut genom $(D_{gv}) (\sum_{i=1}^n g_i d_i)/(\sum_{i=1}^n g_i)$, där g_i är trädets grundyta och d_i är trädets diameter i brösthöjd.

Gallringskvoten är medeldiametern av skördade stammar dividerat med medeldiametern på kvarvarande stammar i beståndet.

2.5.2 Beräkning av tidsåtgång och produktivitet

I varje försöksyta fanns 2 till 3 stickvägar. Varje stickvägs volymer skotades ut och lades i separata högar, vilket innebar en barr- och en lövmassavedshög per stickväg.

Fyra separata mätningar gjordes för att beräkna de skördade volymerna. Först genom skördarmätning och sedan genom VMFs travmätning vid bilväg. Men då resultatet från dessa mätningar skilde sig mycket togs beslut att väga varje enskild trave. Vägningarna utfördes den 23 och 24 november med en skotare och åtta fordonsvägar, en under varje hjul.

Från vågvikten togs volymen fram genom att densiteten för virket beräknades. Densiteten beräknades från 26 gran- och 23 björktrissor som kapats loss en bit in på varje virkesbit. Trissorna vägdes och sänktes sedan ner i vatten (för att se hur mycket vatten som trängdes undan) för att få volymen. Trissornas vikt dividerades med volymen för att få fram densiteten. För gran var densiteten 980 kg/m^3 (SD 82) och för björk 933 kg/m^3 (SD 71). Vikten från vägningen dividerat med densiteten gav volymen i m^3 (fastkubik på bark). För att få volymen i m^3 (fast under bark) multiplicerades m^3 (fastkubik på bark) med 0,88

(SkogsSverige, 2017). Beräkningarna utifrån vikterna gav en total volym på 224 m³fub varav 87 m³fub från S-systemet och 137 m³fub från K-systemet.

Barrmassaved = 219 790kg / 980kg/m³fub * 0,88 = 197 m³fub

Björkmassaved = 28 330kg / 933kg/m³fub * 0,88 = 27 m³fub

Totalt 224 m³fub.

Den fjärde mätningen genomfördes som travmätning på lastbil av VMF vid industri vilket resulterade i totalt 227 m³fub. Den vägda volym användes för beräkningar i studien då den hade vägda volym per enskild stickväg. Mätningen av VMF vid industri användes som kontroll och gav 1,3 % högre volym än den vägda.

Under tidsstudien registrerades tiden kontinuerligt i G₀-centiminuter (cmin) vilket är hundradels minuter. Denna G₀-centiminuter (cmin) räknades sedan om till G₀-timme/m³fub.

Tidsåtgången (G₀-timme/m³fub) för skördarna beräknades genom att den totala tiden för att avverka alla träd utmed en stickväg dividerades med volymen för alla träden som avverkades utmed stickvägen. Skördarnas tidsåtgång per m³fub för varje enskild stickväg redovisades sedan i förhållande till uttagen medelstam för den stickvägen. En funktion gjordes utifrån varje stickvägs tidsåtgång för respektive skördare.

Den totala volymen per stickväg fördelades på enskilda skotarlass genom skattning/subjektiv travmätning av hur fulla respektive lass var. Tidsåtgången i G₀-timme/m³fub som funktion av skotningsavståndet togs fram genom att ta den totala tiden för att skota ut lasset genom den volym som lasset innehöll. Skotningsavståndet definierades som den totala sträckan som skotaren kört under lasset delat på hälften. Endast fulla skotarlass analyserades. En funktion gjordes utifrån de fullastade lassens tidsåtgång för respektive skotare.

Vid beräkning av kostnaderna för skördarna räknades produktiviteten om från G₀ till G₁₅ genom att multiplicera med 0,94. För skotarna multiplicerades produktiviteten med 0,92.

För beräkning av maskinernas bränsleförbrukning, toppfylldes maskinerna med en separat tankutrustning med bränslemätare. Maskinerna fylldes före och efter varje försöksyta på samma jämna yta, för att se bränsleförbrukningen. Förbrukningen sattes sedan i förhållande till avverkad volym per försöksyta.

2.5.3 Beräkning av tidsåtgången för enskilda moment

Vid beräkning av skördarnas tidsåtgång för de olika arbetsmomenten användes höjdfunktionerna samt diametrarna på de träd som skördarna tagit ut. På totalt 85 träd i provytorna mättes höjd och dbh (brösthöjdsdiameter) på vilka höjdfunktioner gjordes.

Trädhöjderna i alla provytor varierade mellan 8 och 16 m och dbh varierade mellan 6,6 cm och 23,6 cm. Utifrån höjdfunktionerna beräknades stamvolymen i skogskubikmeter (m³sk) med Brandels (1990) volymfunktion. Volymen från Brandels funktion för varje enskilt träd lades ihop till en volym för en hel stickväg. För att räkna ut volymen fast under bark (m³fub) för varje enskilt träd användes den invägda volymen för varje stickväg. Volymen i m³fub räknades fram genom att beräkna procenten för varje enskilt trädets volym i m³sk i

förhållande till den totala volymen i m³sk. Den totala volymen i m³fub för varje stickväg delades på den procent varje enskilt träd hade. Detta innebär att volymen för alla enskilda träd vid en stickväg tillsammans blir samma som den vägda volymen från stickvägen.

Tidsåtgången (G₀-timme/m³fub) för ett enskilt moment som *fällning* i funktion av stamvolymen (m³fub) för ett träd, togs fram genom att den observerade tiden för momentet dividerades med det enskilda trädets volym (m³fub). Denna tidsåtgång redovisades sedan som funktion av stamvolymen. En funktion gjordes utifrån momentens tidsåtgång för respektive skördare, dessa två funktioner analyserades senare i minitab.

3. Resultat

3.1 Beståndsdata

3.1.1 Grundyta, stamantal, diameter och gallringskvot

Data från försöksytornas provytor användes vid jämförelse av försöksytornas grundtytor (tabell 4). Efter gallring var grundytan för S-försöksytorna i medel 16,8 (SD 3,9) och för K-försöksytorna i medel 16,5 (SD 2,1). Efter gallring skiljde sig inte de kvarvarande grundtytorna signifikant åt ($p=0,91$) mellan de två maskinsystemens försöksytor. Uttagen grundyta för S-försöksytorna var i medel 11,4 m² (SD 1,5) och för K-försöksytorna 12,2 m² (SD 1,4), skillnaden var inte signifikant ($p=0,40$).

För S-maskiner efter gallring var stamantalet i medel 1 132 (SD 214) per hektar och för K-maskiner 1 053 (SD 74). Det var ingen signifikant skillnad mellan maskinsystemen ($p=0,48$). I S-försöksytorna var antalet skördade stammar i medel 1 404 (SD 107) och i K-försöksytorna 1 300 (SD 133) per hektar, det var inte signifikant skiljt ($p=0,22$) (tabell 4).

Efter gallring var den kvarvarande medeldiametern i alla försöksytor för S-försöksytorna 134 mm (SD 8) och för K-försöksytorna 139 mm (SD 102), skillnaden var inte signifikant ($p=0,40$). De skördade stammarnas dbh för S-försöksytorna var i medeltal 99 mm (SD 5) och för K-försöksytorna 106 mm (SD 6), skillnaden var inte signifikant ($p=0,11$).

Gallringskvoten var i medel för S-försöksytorna 0,75 (SD 0,05) och för K-försöksytorna 0,76 (SD 0,02). Skillnaden i gallringskvot var inte signifikant ($p=0,55$) (tabell 4).

Tabell 4. Beståndsdata för försöksytor (se figur 2) före och efter gallring

Table 4. Stand data for experimental plots (see figure2) before and after thinning

	Försöksyta														
	S1	S2	S3	S4	S5	S Medel	SD	K1	K2	K3	K4	K5	K Medel	SD	
Medel höjd	12	13	13	13	11	12,4	0,9	12	13	13	14	11	12,6	1,1	
Grundyta ^{F*}	24,1	30,6	36,0	23,3	26,7	28,1	5,2	25,5	28,9	32,5	31,7	25,1	28,7	3,4	
Grundyta ^{E*}	13,3	19,2	22,0	13,0	16,3	16,8	3,9	14,5	16,5	18,2	19,0	14,4	16,5	2,1	
Grundyta ^{U*}	10,8	11,4	14,0	10,3	10,4	11,4	1,5	11,0	12,4	14,3	12,7	10,7	12,2	1,4	
Grundyta ^{U(%)}	45	37	39	44	39	41	3	43	43	44	40	43	43	2	
Stamantal ^{F**}	2278	2722	2806	2292	2583	2536	243	2197	2288	2652	2159	2470	2353	206	
Stamantal ^{E**}	870	1167	1361	958	1306	1132	214	1000	1030	1152	977	1106	1053	74	
Stamantal ^{U**}	1408	1555	1445	1334	1277	1404	107	1197	1258	1500	1182	1364	1300	133	
D _{gv} ^F (mm)	151	152	158	141	134	147	10	145	152	144	157	128	145	11	
D _{gv} ^E (mm)	132	133	142	117	126	130	9	134	138	136	145	125	136	7	
D _{gv} ^U (mm)	113	106	127	102	113	112	10	123	125	126	127	110	122	7	
D _a ^F (mm)	111	115	117	112	111	113	3	117	123	121	132	110	121	8	
D _a ^E (mm)	136	142	139	128	123	134	8	133	141	140	154	126	139	10	
D _a ^U (mm)	97	95	107	99	99	99	5	104	108	105	114	97	106	6	
Gallringskvot	0,72	0,67	0,77	0,78	0,80	0,75	0,05	0,79	0,77	0,75	0,74	0,77	0,76	0,02	

^F=Före, ^E=Efter, ^U=Uttag, *m², ** Stamantal/hektar >60 mm i dbh. D_a= aritmetiska medeldiametern och i D_{gv}=grundtytevägdmedeldiameter (beräknad på alla träd med diameter över 60 mm) SD=standardavvikelse. Det fanns ingen signifikant skillnad mellan S Medel och K Medel för någon av variablerna på nivån $p \leq 0,05$

3.1.2 Avverkning och bränsleförbrukning

Utifrån den volym som tagits ut var skördad medelvolum per hektar för S-skördarna 46,6 m³fub (SD 13,4) och för K-skördare 51,8 m³fub (SD 13,5), skillnaden i uttag var inte signifikant (p=0,56). Medelstammen för S-skördarna var 0,038 m³fub (SD 0,002) (tabell 5) och för K-skördaren 0,043 m³fub (SD 0,006), vilket inte var signifikant skiljt (p=0,15).

Bränsleförbrukningen för S-skördaren var 1,73 l/m³fub (SD 0,06) vilket var signifikant (p<0,01) lägre än K-skördarens 2,36 l/m³fub (SD 0,07). Bränsleförbrukningen för S och K-skotarna var 0,84 (SD 0,07) och 0,70 (SD 0,11) l/m³fub, vilket var mycket nära en signifikant skillnad (p=0,0502).

Tabell 5. Total inmätning av grundfakta från skördad volym för gallrade försöksytor
S=Småmaskinssystem K=konventionellt system

Table 5. Total measurement of the basic facts of the harvested volume from thinned experimental plots S =Small machine systems K=conventional system

Försöksyta	Storlek (ha)	Avverkad Volym (m ³ fub)	Uttag (m ³ fub/ha)	Avverkade träd (st/ha)	Avverkad medelstam (m ³ fub)	Bränsleförbrukning (l/m ³ fub)	
						Skördaren	Skotaren
S1	0,63	27,4	43,5	1221	0,036	1,79	0,89
S2	0,59	26,6	45,1	1202	0,037	1,79	0,89
S3	0,22	15,0	68,2	1795	0,038	1,73	0,84
S4	0,19	8,5	44,8	1158	0,039	1,65	-
S5	0,31	9,7	31,2	784	0,040	1,69	0,75
S Medel (SD)	0,39 ^a (0,21)	17,4 ^a (9,1)	46,6 ^a (13,4)	1232 ^a (363)	0,038 ^a (0,002)	1,73 ^a (0,06)	0,84 ^a (0,07)
K1	0,79	32,8	41,5	839	0,049	2,31	0,75
K2	0,53	31,6	59,7	1583	0,038	2,31	0,75
K3	0,42	29,9	71,2	1643	0,043	2,29	0,54
K4	0,47	22,4	47,7	960	0,050	2,42	0,81
K5	0,52	20,2	38,8	1069	0,036	2,45	0,66
K Medel (SD)	0,55 ^a (0,14)	27,4 ^a (5,7)	51,8 ^a (13,5)	1219 ^a (369)	0,043 ^a (0,006)	2,36 ^b (0,07)	0,70 ^a (0,11)

Inom en kolumn där medelvärden för S och K är följda av olika bokstäver är signifikant skilda på nivå p≤0,05

3.1.3 Sticksavstånd och skador

Sticksavståndets bredd för S-försöksytorna varierade från 2,5 m till 3,9 m med ett medelvärde på 3,1 meter (SD 0,33) vilket var en signifikant (p<0,001) smalare väg än i K-försöksytorna. I K-försöksytorna varierade sticksavståndets bredd från 3,4 meter till 6,0 meter med ett medelvärde på 4,4 meter (SD 0,65) (tabell 6).

I studien var medelvärdet för sticksavståndet för S-försöksytorna 12,6 m (SD 1,8) och för K-försöksytorna 22,7 m (SD 1,7). Detta var 3 - 6% bredare än det förutbestämda sticksavståndet som var uppsnittslat för S-försöksytorna till 12 meter och för K-försöksytorna 22 meter (tabell 6).

För S-försöksytorna var stickvägsandelen i medel 25 % (SD 3%) vid en stickvägsbredd i medeltal på 3,1 meter och stickvägsavstånd i medeltal på 12,6 meter. För K-försöksytorna blev stickvägsandelen 20 % (SD 4%) då stickvägsbredden var i medel 4,4 och stickvägsavståndet 22,7 meter i medel (tabell 6).

Tabell 6. Stickvägsmått och standardavvikelse inom parentes

Table 6. Strip-road measurements and standard deviation in parentheses

	Små maskiner	Konventionella maskiner
Stickvägsbredd (m)	3,05 ^a (0,33)	4,43 ^b (0,65)
Stickvägsavstånd (m)	12,6 ^a (1,8)	22,7 ^b (1,7)
Stickvägsandel (%)	25 ^a (4)	20 ^b (3)

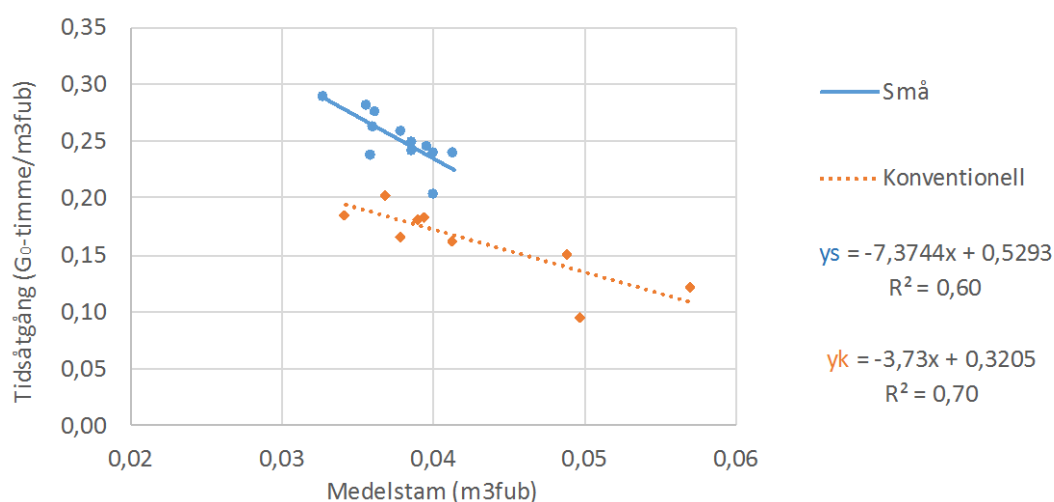
Inom en rad där värden är följda av olika bokstäver är signifikant skilda på nivå $p \leq 0,05$

Det var totalt endast 5 stycken skadade träd i alla provytorna för K och S maskinerna (S 3st, K 2st). Markskadorna var obefintliga, på grund av risning och stenbunden mark.

3.2 Tidsstudie skördare

3.2.1 Tidsåtgång och produktivitet

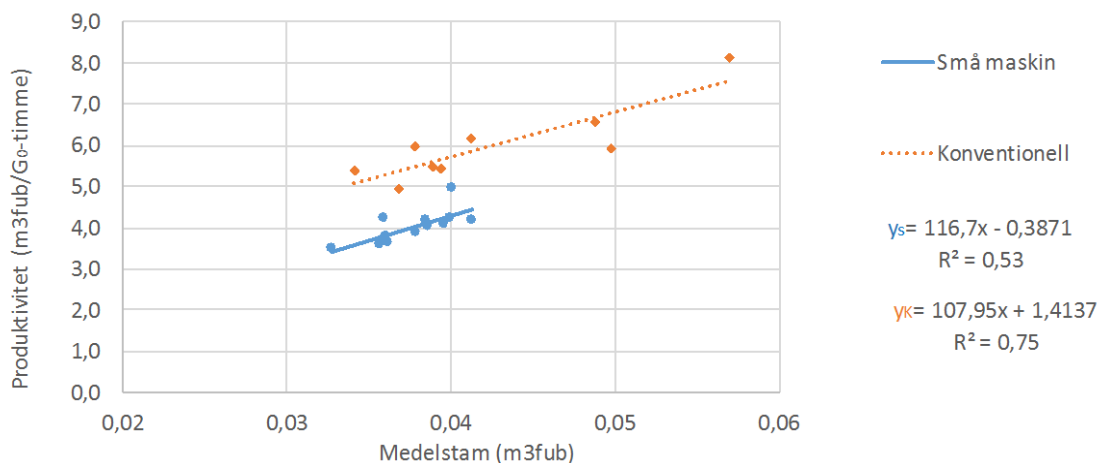
Tidsåtgången för S-skördarna varierade från 0,20 till 0,29 G₀-timme/m³fub vid en medelstam på 0,033 till 0,041 m³fub i de studerade bestånden. För K-skördaren varierade tidsåtgången från 0,10 till 0,20 G₀-timme/m³fub vid en skördad medelstam på 0,034 till 0,057 m³fub (figur 3). K-skördaren hade en signifikant lägre total tidsåtgång per m³fub än S-skördaren ($p < 0,001$) vid avverkning av de studerade medelstammarna. Vid en skördad medelstam på 0,04 m³fub var tidsåtgången 29 % lägre per m³fub för K-skördare än för S-skördare (figur 3). Regressionen för tidsåtgång som funktion av medelstam hade en relativt hög förklaringsgrad för båda skördarna (figur 3).



Figur 3. Tidsåtgången för småmaskin skördaren (S) och konventionella skördaren (K) som funktion av skördad medelstam per stickväg.

Figure 3. The time required for small machines harvester (S) and conventional harvester (K) as a function of average stem size harvested per strip road.

S-skördarens produktivitet varierade mellan 3,5 och 5,0 m³fub/G₀-timme. K-skördarens produktivitet varierade mellan 4,9 och 8,2 m³fub/G₀-timme. Vid medelstam 0,04 m³fub var produktiviteten i medel för S-skördaren 4,3 m³fub/G₀-timme och för K-skördaren 5,7 m³fub/G₀-timme (figur 4). Vid medelstam 0,04 m³fub hade S-skördaren 1,4 m³fub/G₀-timme (24,6%) lägre produktivitet än K-skördaren.



Figur 4. Produktivitet för små och konventionella skördare som funktion av medelstamsvolym. Observationsenhet är tidsåtgång för varje stickväg.

Figure 4. Productivity in m³fub per G₀-hour for small and conventional harvesters as a function of the average stem in m³fub. The observation unit is the time for each strip road.

3.2.2 Tidsåtgång för enskilda träd och arbetsmoment

Kranmoment

Kranarbetsmomenten *fälla*, *kvista/kapa*, *topp* och *röja* gick signifikant fortare för K än för S skördaren. För momenten *ta in* och *kran in* var det omvänt och tidsåtgången var signifikant kortare för S skördaren. Det fanns inte någon signifikant skillnad för *kran ut*. Momentet *kran ut* var i medel 0,1 cmin långsammare för S-skördaren jämfört med K-skördaren (tabell 7). Momentet *fälla* tog i medel 2,1 cmin (30%) längre tid för S-skördaren (7,1 cmin) än för K-skördaren (5 cmin). Att *ta in* träden tog i medel 0,3 cmin kortare tid för S-skördaren. Att *kapa och kvista* tog i medel 3,6 cmin (25%) längre tid för S-skördaren än för K-skördaren och *kran in* tog 1,2 cmin längre tid för K-skördaren. Hantering av *toppen* tog 0,7 cmin längre för S-skördaren och *röjning* tog i medel 2,7 cmin längre tid för S-skördaren.

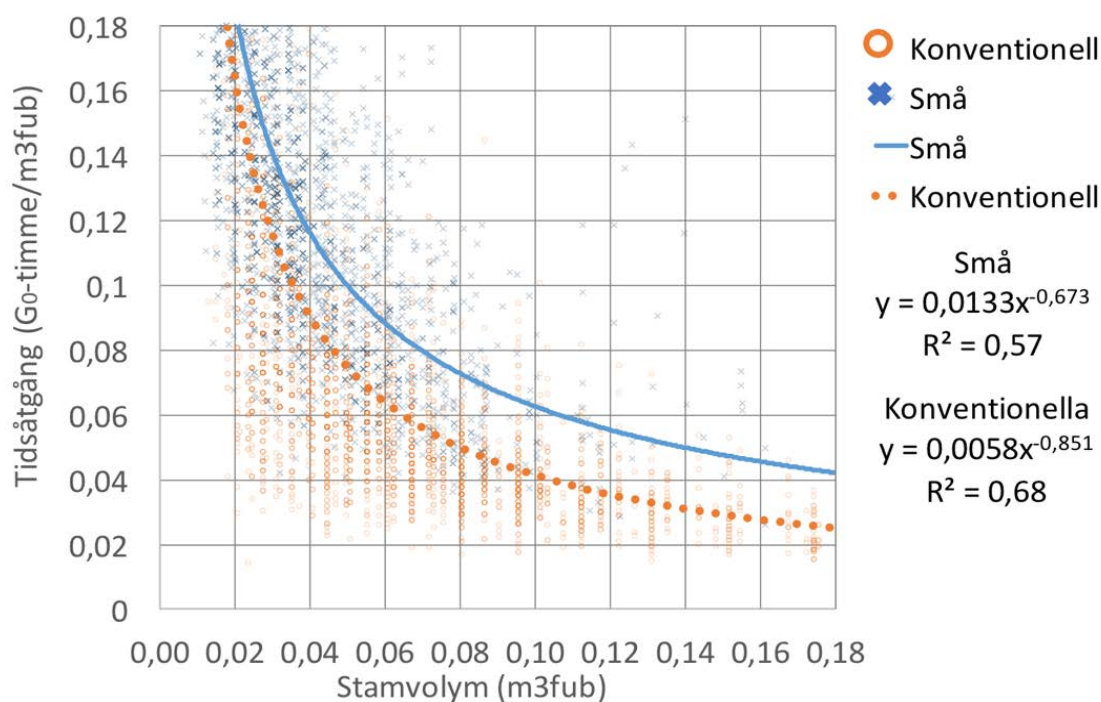
Tabell 7. Tidsåtgång för kranarbetsmoment (Cmin/enskilt arbetsmoment, (SD=standardavvikelse)) för små skördaren (S) och den konventionella skördaren (K). Konventionella skördaren som har flerträdshantering kan hantera flera träd vid enskilt moment

Table 7. Time consumption for the crane operation (Cmin / single work step, (SD)) for small harvester (S) and the conventional harvester (K). Conventional harvester that has multi-grip aggregates which can manage multiple trees at the given moment

Skördare	Kran ut	Fälla	Ta in	Kvista/Kapa	Kran in	Topp	Röja
S	7,9 (4,5)	7,1 (5,3)	6,1 (4,3)	14,6 (7,9)	1,1 (3,6)	3,3 (3,2)	19,1 (13,8)
K	7,8 (4,4)	5,0 (3,0)	6,4 (4,4)	11,0 (5,3)	2,3 (5,2)	2,6 (3,3)	16,4 (6,8)
P-värde	0,58	0,0001	0,02	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

Upparbetning

Då K-skördaren flerträdshanterade i stor utsträckning, blev tidsåtgången för de rent trädberoende arbetsmomenten (fällning, kvista/kapa, in tagning) lägre för K än för S (figur 5). Tidsåtgången för upparbetning (fällning, kapning, kvistning samt för att ta in träd), var signifikant lägre för K än för S skördaren. Vid en stamvolym på 0,04 m³fub för S-skördaren var tidsåtgången i medeltal 0,116 G₀-timme/m³fub och för K-skördaren 0,090 G₀-timme/m³fub (figur 5). Detta innebär att S-skördaren tog 29 % lägre tid för upparbetning än K-skördaren vid en stamvolm på 0,04 m³fub.



Figur 5. Genomsnittlig tidsåtgång för upparbetning (fällning, kapning, kvistning och intagning av träd) som funktion av stamvolym för små och konventionella skördare.

Figure 5. Average time for processing (felling, cutting, delimiting and admission of trees) as a function of stem volume for small and conventional harvesters.

3.2.3 Flerträdshantering och storlek på virkeshögar

S-skördaren avverkade totalt 2 335 stammar i alla försöksytorna, av de var 600 stammar i stickvägarna vilket motsvarar 26% av det totala uttaget. K-skördaren avverkade totalt 3 199 stammarna i alla försöksytorna, av dem avverkades 1 033 stammar i stickvägarna vilket motsvarar 32% av totala uttaget. Skillnaden i uttag i stickvägen mellan skördarna var 6 % (tabell 8).

Tabell 8. Avverkade träd med små (S) och konventionella (K) skördaren i alla försöksytor
Table 8. Felled trees with small (S) and the conventional (C) harvester in all experimental plots

	Diameter i bröst höjd i cm										
	<8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24>	Total
S total (st)	415	561	617	378	243	85	21	12	2	1	2335
S i stickväg (st)	60	106	155	107	96	51	13	10	2	0	600
S Andel i stickväg (%)	14	19	25	28	40	60	62	83	100	0	26
K total (st)	678	840	797	482	230	116	38	10	6	2	3199
K i stickväg (st)	171	253	242	161	112	65	20	4	4	1	1033
K Andel i stickvägen (%)	25	30	30	33	49	56	53	40	67	50	32
K flerträdshanterade (%)	48	41	22	5	1	1	0	0	0	50	833

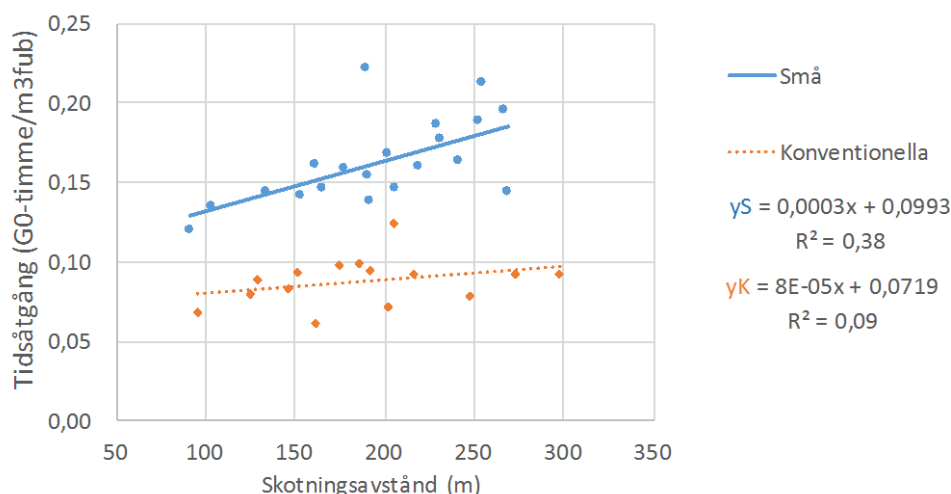
K-skördaren upparbetade totalt 3 199 stammar varav 883 (28%) flerträdshanterades. Av de totalt 3 199 avverkade träden hanterades 25 % två åt gången, 3 % tre åt gången och 1 % fyra åt gången.

Storleken på de avverkade virkeshögarna efter S-skördaren var i medel för gran 0,098 m³fub (SD 0,02) och för löv 0,060 m³fub (SD 0,02). För K-skördaren var medelhögen för gran 0,165 m³fub (SD 0,04) och för löv 0,074 m³fub (SD 0,03). Storleken på granhögarna för S och K var signifikant skilda (p<0,001), men inte för lövhögarna (p=0,26). Vid VMFs bilvägsmätning mättes längderna på stockarna, vilka för S-maskinerna var i medel 3,9 m (SD 0,1) och för K-maskinerna 4,3 m (SD 0,1), skillnaden i längd var signifikant skild (p <0,001).

3.3 Tidsstudie skotare

3.3.1 Tidsåtgång och produktivitet

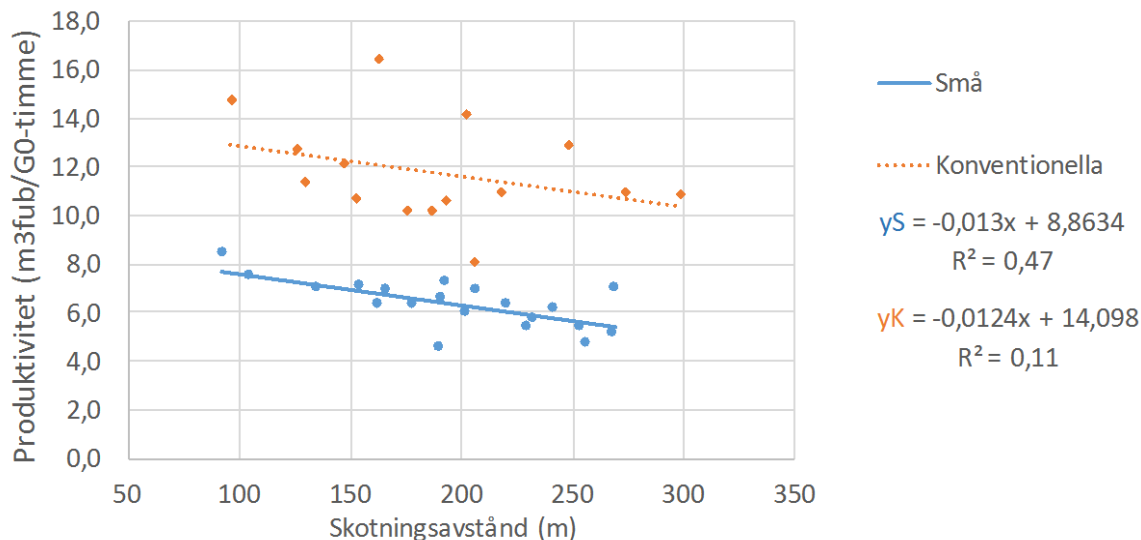
Tidsåtgången för S-skotaren var 0,165 G₀-timme/m³fub vid 200 meters skotningsavstånd och 0,09 G₀-timme/m³fub för K-skotaren, då varje fullastat skotarlass var en observationsenhet. S-skotaren hade en signifikant (p<0,001) högre tidsåtgång än K-skotaren (figur 6).



Figur 6. Tidsåtgången för småskotaren (S) och konventionella skotaren (K) som funktion av skotningsavståndet (halva sträckan av total körd sträcka). Observationsenheten är ett fullt lass.

Figure 6. The time taken for small forwarder (S) and conventional forwarder (K) in function of the average transportation distance (half the distance of the total distance traveled). The observation unit is a full load.

S-skotarens produktivitet var 6,3 m³fub/G₀-timme vid 200 meters skotningsavstånd (figur 7), då varje fullastat skotarlass var en observationsenhet. För K-skotaren var produktiviteten 11,6 m³fub/G₀-timme vid 200 meters skotningsavstånd.



Figur 7. Produktivitet för småskotare och för konventionella skotaren som funktion av skotningsavståndet (halva sträckan av total körd sträcka). Observationsenheten är ett fullt lass.

Figure 7. The productivity of small forwarders and conventional forwarder in function of the average transportation distance (half the distance of the total distance traveled). The observation unit is a full load.

3.3.2 Tidsåtgång enskilda arbetsmoment

S-skotarens totala medeltid för alla bestånd var 0,158 G₀-timme/m³fub. Det var 0,068 G₀-timme/m³fub högre än för K-skotaren vars tidsåtgång var 0,09 G₀-timme/m³fub (tabell 9). S-skotaren körde totalt 2,0 km och K-skotaren 1,5 km.

Tabell 9. Små (S) och konventionella (K) skotares tidsåtgång (G₀-timme/m³fub) uppdelat på lastningsarbete, avlastning, transport (med och utan lass) och den totala tiden för dessa moment

Table 9. Small (S) and conventional (K) forwarders time consumption (G₀-hour / m³fub) divided into loading, unloading, transportation (with and without), and the total time for these operations

	Små (S) skotare				Konventionella (K) skotare			
	Transport	Lastning	Avlastning	Total tid	Transport	Lastning	Avlastning	Total tid
Tidsåtgång	0,019	0,117	0,021	0,158	0,009	0,066	0,012	0,090

S-skotaren var i medel 1,9 cmin (26%) snabbare att *gripa* om virkesbuntarna än K-skotaren. För flera av de andra momenten (sammanföra, kran in och tillrättalägga) var K-skotaren snabbare än S-skotaren, för övriga moment fanns ingen signifikant skillnad (tabell 10)

Tabell 10. Tidsåtgång för kranarbetsmoment vid lastning (cmin/enskilt arbetsmoment, (SD)) för små skotaren (S) och den konventionella skotaren (K)

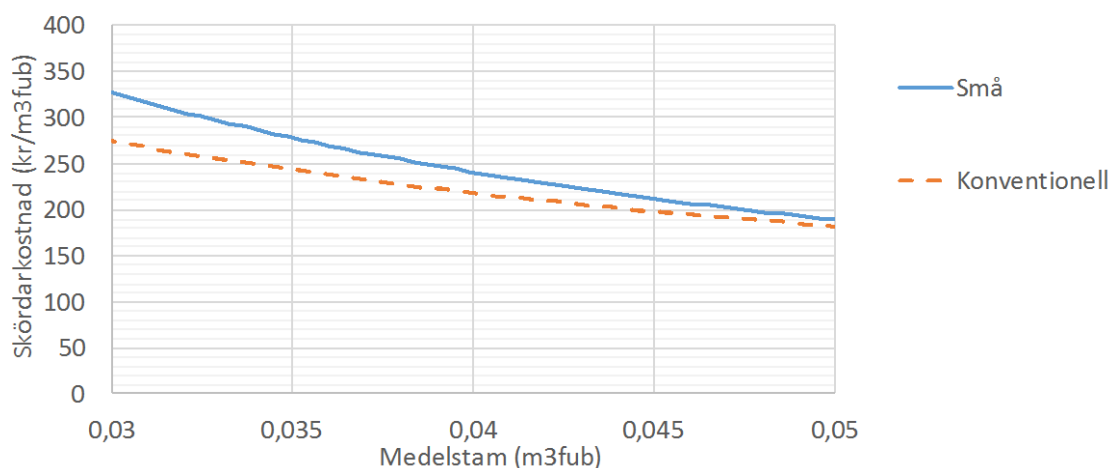
Table 10. Time required for crane operations at loading (c min / individual tasks, (SD)) for small forwarder (S) and the conventional forwarder (K)

Skotare	Obs.st	Kran ut	Grip	Sammanför	Kran in	Jämn dra	Släppa	Tillrättalägga
S	932	8,0 (4,6)	5,4 (4,3)	2,3 (5,7)	9,9 (4,7)	4,2 (6,9)	8,9 (5,1)	3,3 (8,3)
K	940	7,8 (3,5)	7,3 (6,1)	1,8 (4,4)	8,7 (4,2)	4,5 (7,7)	8,8 (4,7)	2,1 (8,1)
P-värde		0,27	<0,001	0,03	<0,001	0,39	0,56	<0,001

3.4 Kostnader

3.4.1 Avverkningskostnad

S-skördaren hade en avverkningskostnad på 236 kr/m³fub vid en skördad medelstam på 0,04 m³fub (ca 11,5 cm i bhd) och K-skördaren hade en avverkningskostnad på 225 kr/m³fub. Skillnaden i avverkningskostnad minskade vid grövre medelstam (figur 8).

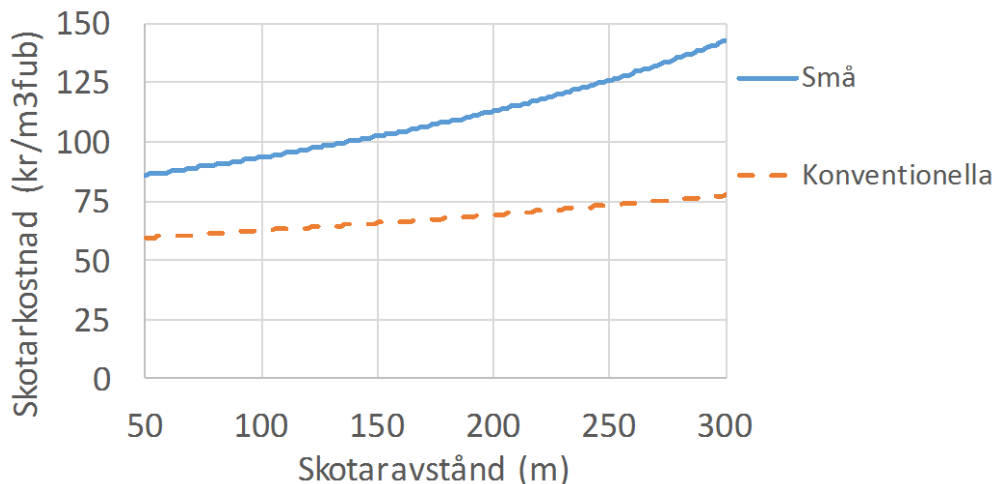


Figur 8. Små maskins (S) och konventionella skördares (K) kostnad per m³fub som funktion av skördad medelstam.

Figure 8. Small machine (S) and conventional harvester (K) cost per m³fub as a function of the average stem size cut.

3.4.2 Skotningskostnad

Vid ett skotningsavstånd på 100 meter var S-skotaren 31 kr per m³fub dyrare än K-skotaren. Medan vid ett skotningsavstånd på 200 meter var S-skotaren 44 kr per m³fub dyrare än K-skotaren (figur 9).

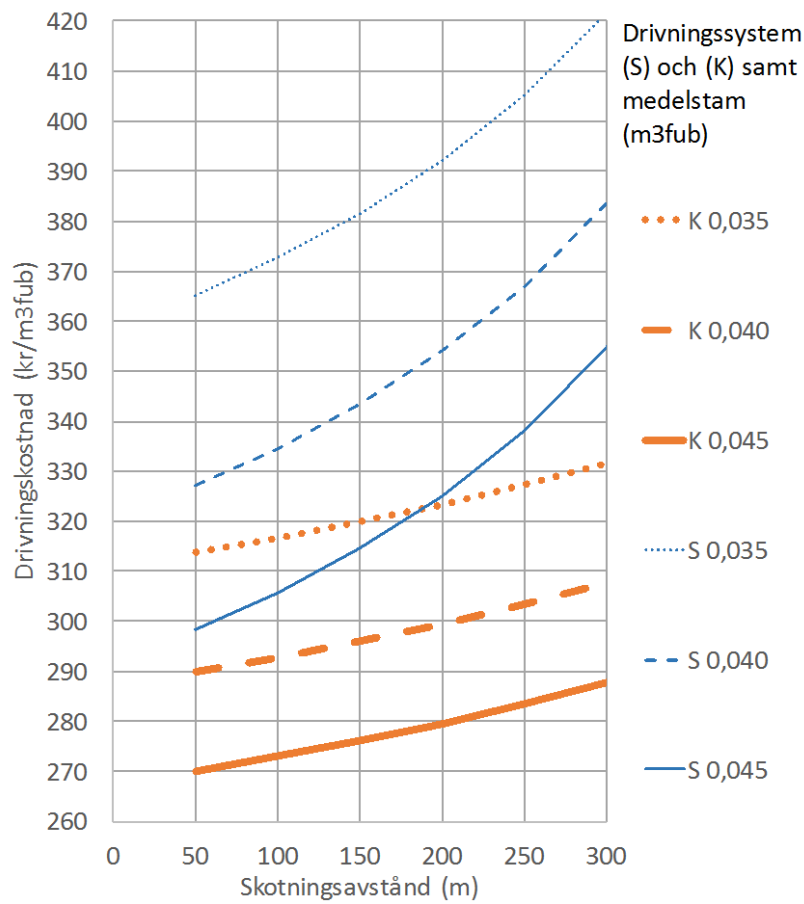


Figur 9. Skotningskostnader för små skotaren (S) och den konventionella skotaren (K) per m³fub som funktion av skotningsavståndet (enkel väg).

Figure 9. The forwarding expenses for the small- (S) and conventional (K) forwarder (S) per m³fub in function of the average transportation distance (one way).

3.4.3 Total drivningskostnad

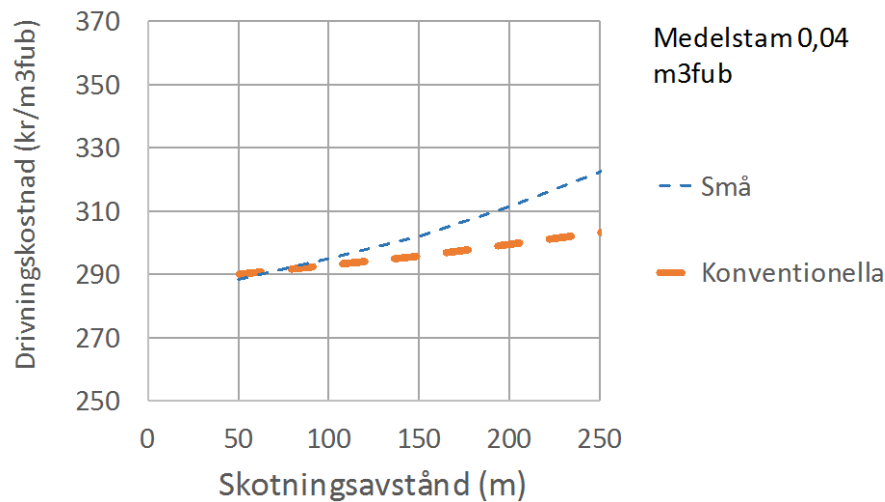
Kostnaden för S-systemet per m³fub som funktion av skördad medelstam på 0,04 m³fub och skotningsavstånd på 200 meter var 354 kr/m³fub och för K-systemet 299 kr/m³fub. Skillnaden i kostnad per m³fub vid skördad medelstam på 0,04 m³fub och skotningsavstånd på 200 meter enkel väg var 55 kr/m³fub (figur 10).



Figur 10. Små (S) och Konventionella (K) maskinsystemets totala kostnad per m³fub, som funktion av medelstam och skotningsavstånd.

Figure 10. Small (S) and conventional (K) machine system's total cost per m³fub, as a function of the average stem size cut and average forwarding distance (one way).

En känslighetsanalys genomfördes för att belysa hur mycket lägre timkostnaden behöver vara för S-maskinerna än de värden som använts för att ge samma drivningskostnad per m³fub som för K-maskinerna. En analys där timkostnaden för både S-skördaren och S-skotaren sänks med 100 kr/timme vardera (S-skördare 850 kr/timme och S-skotaren 550kr/timme) visar att vid korta skotningsavstånd och vid den genomsnittliga medelstammen som denna studien hade så är drivningskostnaden lika för S och K-maskinerna (figur 11).



Figur 11. Känslighetsanalys. Total drivningskostnad som funktion av skotningsavstånd vid sänkt timkostnad för S-skördare och S-skotare med vardera 100 kr/timmen. K-skördare och K-skotare med oförändrad timkostnad. Medelstam 0,04 m³fub.

Figure 11. Sensitivity analysis. Total driving costs as a function of forwarding distances at reduced hourly rate for the S-harvesters and forwarders S with 100 SEK / hour. K-harvesters and K-forwarders with flat hourly rate. Average stem 0,04 m³fub.

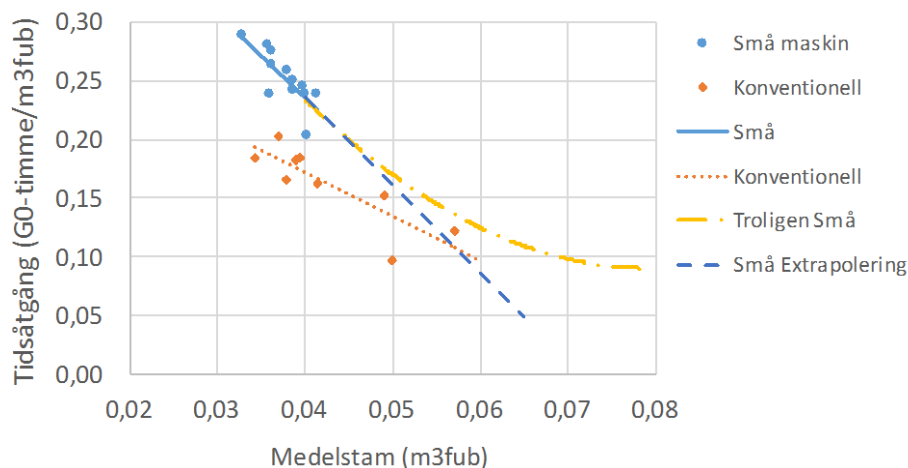
4. Diskussion

4.1 Tolkning av resultatet

4.1.1 Skördare

I denna studie hade K-skördaren en högre produktivitet än S-skördaren oberoende av uttagen medelstam. Produktiviteten för S-skördaren var i genomsnitt 4,3 m³fub/G₀-timme vid en medelstam på 0,04 m³fub för alla ytor, vilket var 37 % lägre jämfört med K-skördaren. Det kan jämföras med en produktionsnorm för engreppsskördare vid gallring (Brunberg, 1997) med en korrigering för flerträdshanteringen (Brunberg & Iwarsson-Wide, 2013). Den korrigerade produktiviteten gav 5,8 m³fub/G₀-timme som är i nivå med K-skördarnas produktivitet i studien. Att produktiviteten är högre för konventionella skördare än för små skördare har även framgått i tidigare studier (Eriksson & Lindroos, 2014; Bergkvist, 2009). Eriksson & Lindroos (2014) studie visar att uttagen medelstam är den faktor som främst påverkar skördarproduktiviteten. Att längden på virket var kortare för S-maskinerna har påverkan på båda S-maskinernas produktivitet, då de hanterade en mindre volym när stockarna är kortare samtidigt som tidsåtgången kan minska per stock då kortare stockar varit lättare att hantera.

Då man jämför total tidsåtgång för de arbetsmoment som i huvudsak endast beror av stamvolymen (fällning, kapning, kvistning och intagning av träd) så finner man att den relativa skillnaden i tidsåtgång ökar med ökad trädstorlek (se figur 3). För ett träd med stamvolym 0,03 m³fub var tidsåtgången för K-skördaren i genomsnitt 19 % lägre än för S-skördaren för dessa moment. För ett träd med stamvolymen 0,1 m³fub så var tidsåtgången för K-skördaren i genomsnitt 52 % lägre än för S-skördaren. Utifrån att tidsåtgångsskillnad ökar procentuellt med ökad stamvolym, bör inte funktionerna över tidsåtgång fortsätta linjärt vid grövre medelstam (figur 12). Därför är det troligt att tidsåtgången för S-skördaren planar ut vid grövre medelstam, detta skulle då innebära att kostnadsskillnaden mellan skördarna skulle öka vid grövre stammar. Detta är troligt då S-skördaren får jobba hårdare med grövre träd än K-skördaren.



Figur 12. Tidsåtgången för små och konventionella skördaren utifrån medelstam med trolig bedömning av små skördarens tidsåtgång vid grövre stam. Troligen Små är trolig tidsåtgång för S-skördaren vid grövre medelstam

Figure 12. The time consumption for small and conventional harvester based on average stem with probable assessment of small harvester's time consumption to apply thicker stem. Troligen Små is the probable time consumption curve of the S-harvester when cutting larger stems

Flerträdsaggregat finns att få till båda skördarna, men i denna studie användes det endast på K-skördaren, då en S-skördare med flerträdshantering inte fanns tillgänglig. K-skördaren flerträdshanterade 28% av de träd som den arbetade upp och det ökade produktiviteten vid klenare stammar, vilket överensstämmer med tidigare studier (Janson, 2011; Petty & Kärhä, 2014; Brunberg & Iwarsson-Wide, 2013; Bergkvist, 2007). Det påverkade produktiviteten i form av att flera träd upparbetades samtidigt. Det gick smidigare att röja ner stammar som stod i vägen då aggregatet inte vinklades ner automatiskt efter varje träd. Vid flerträdshantering på S-skördaren skulle troligen inte produktiviteten ökat lika mycket som för K-skördaren, vilken hade en 12% ökning i produktivitet vid medelstam 0,04 m³fub enligt Brunberg & Iwarsson-Wide (2013). K-skördaren till skillnad mot S-skördaren är en större maskin som bättre klarar av flera träd samtidigt. K-skördaren har även större användning av flerträdshanteringen då den har en lägre kranarm som gör att den kan ackumulera flera träd samtidigt då den sträcker ut kranarmen. De träd som K-skördaren flerträdshanterade var mestadels under 11 cm i dbh, vilket även S-skördaren bör hanterat bra vid flerträdshantering. Att K-skördaren flerträdshanterade stor del av de klena stammarna har gjort att produktiviteten höjts vid klena stammar. Att S-drivningssystemet är mindre konkurrenskraftigt vid klenare medelstam går emot tidigare studier (Eriksson & Lindroos, 2014) men det bero troligen på att det var endast flerträdshantering på K-skördaren.

S-skördaren hade längre tid för de arbetsmoment som var beroende av medelstammens volym. För S-skördaren var det främst momenten *fälla* och *kvista/kapa* som tog längre tid. Att momentet *fälla* tog längre tid kan bero på att S-skördarens aggregat var lättare än K-skördarens. Med det större flerträdsaggregatet, som väger mer, trycktes träden ner snabbare. *Kvista/kapa* gick fortare för K-skördaren vilket kan ha berott på att aggregatet hade högre matnings- och kapningshastighet, men det kan även ha berott på flerträdshanteringen.

4.1.2 Skotare

S-skotarens tidsåtgång (tid/m³fub) påverkades mer av skotningsavståndet än K-skotaren, vilket främst var på grund av lastningskapaciteten som var 54% lägre för S-skotaren än för K-skotaren. Att tidsåtgången var högre konstaterades även i Eriksson och Lindroos (2014) studie. Att det bara var två olika sortiment som togs ut i studien bör ha höjt produktiviteten jämfört med om det hade varit fler sortiment (Manner, et al., 2013). Momentet *transport* per m³fub gick långsammare för S-skotaren då den hade lägre lastningskapacitet, vilket innebar att den fick med sig mindre mängd virke i varje vända. S-skotaren är känslig mot långa transportavstånd vilket möjligen kan kompenseras med en extra vagn vilket kan vara ekonomiskt vid längre skotningsavstånd (Lindroos & Wästerlund, 2013; Lindroos & Wästerlund, 2014)

S-skotaren var långsammare i alla arbetsmoment per m³fub jämfört med K-skotaren, vad gällde huvudgrupperna *lastning, avlastning och transport*. S-skotarens högre tidsåtgång per m³fub i alla momenten berodde troligen på att virkeshögarna var mindre efter S-skördaren. Barrvirkeshögarna för S-skördaren var ca 0,1 m³fub och K-skördaren ca 0,17 m³fub. S-skotaren gjorde total 932 kranrörelser för att lasta sina totalt 87 m³fub och K-skotaren 940 för sina 137 m³fub. S-skotarens längre *avlastningstid* per m³fub beror troligen på att den hade en mindre grip som kräver flera kranrörelser (Andersson, 2015).

När lastningen delades upp i olika moment, skiljde inte den totala tiden för en kranrörelse mellan de två skotarna. Skillnaden låg i hur mycket virke de hade med sig i varje kranrörelse. S-skotaren *grep* virket 1,9 cmin fortare, vilket kan bero på mindre högar. Samtidigt hade S-skotaren 0,5 cmin längre tid på att *sammanföra* virkeshögarna. *Kran in* tog 1,2 cmin längre tid för S-skotaren vilket troligen beror på att det tog längre tid att vända på virket på en smalare stickväg, utan att skada kvarvarande träd. Det tog lika lång tid för båda skotarna att *jämnslå* trots att det observerades under studien att S-skotaren oftast *jämnslog* i marken medan K-skotaren *jämnslog* i lastgrinden. För S-skotaren tog det 1,2 cmin längre tid att *tillrättalägga* virket, vilket kan bero på att den oftare hade fullt lass, vilket kräver mer *tillrättaläggning* av sista bitarna på lasset. Att montera en griptilt på S-skotaren skulle kunna underlätta *jämndragning* utan att skada kvarvarande träd (Häggström, et al., 2016) och eventuellt minska tidsåtgången för *tillrättaläggnings* av virket på lasset, dessutom skulle *kran in* kunnat gå snabbare (Nilsson, 2013).

4.1.3 Bränsleförbrukning

K-skördarens bränsleförbrukning för alla bestånd var i medel 36% högre per m³fub än för S-skördaren, vilket kan bero på att K-skördaren är en större maskin som hanterade flera klena stammar. K-skotaren förbrukade i medel 0,70 l/m³fub för alla bestånd, vilket överensstämmer med tidigare studier (Nordfjell, et al., 2003). S-skotaren förbrukade 20% mer per m³fub än K-skotaren. Att S-skotarens bränsleförbrukning var högre kan bero på att den hade 10,7 kranrörelser per m³fub och körde 2,3 km/100m³fub. K-skotaren gjorde 6,9 kranrörelser per m³fub och körde 1,1 km/100m³fub. S-skotaren gjorde fler kranrörelser per m³fub då högarna var mindre efter S-skördaren och till viss del för att den hade mindre grip.

4.1.4 Bestånd

Grundyta

Grundytan var i medel lika (S 28,1m² och K 28,7m²) före gallring för båda systemen och maskinföraren hade som instruktion att ta ut lika stor grundyta med båda maskinerna. Kvarvarande grundyta var något lägre för K-maskinen men skillnaden var inte signifikant. Den uttagna grundytan för K-maskinen var 2,1 % högre jämfört med S-maskinerna, vilket inte skiljde signifikant. Detta visar att maskinföraren tagit ut liknande i grundyta med båda skördarna.

Gallringskvot

Gallringskvoten jämfördes för att kontrollera om S och K skördaren gjort ett likvärdigt uttag av de studerade stammarna, som bör vara lågt för ett likvärdigt uttag över hela försöksytornas bredd. Båda skördarna hade en gallringskvot under 0,80 som visar på en låggallring. S-skördaren hade 0,016 lägre i gallringskvot vilket tyder på ett mer likvärdigt uttag i hela beståndet jämfört med K-skördaren, men det var inte signifikant lägre.

Stamantal

Efter gallring i S-försöksytornas provytor var det i medel 79 stammar/ha mer än i K-försöksytorna. Att gallring med S-maskiner ofta medför fler kvarvarande stammar/ha styrks av tidigare studier (Jonsson, 2014; Karlsson, 2016). Det högre stamantalet efter gallring kan bero på att S-försöksytorna hade i medel 183 stammar/ha mer före gallring jämfört med K-försöksytorna. Utifrån provyteinventeringen tog S-skördaren i medel ut 104 stammar/ha mer än K-skördaren.

Medelstam

K-skördaren hade större variation i uttagen medelstam än S-skördaren trots att de varit i samma bestånd. Att medelstammen skiljer mellan försöksytorna kan bero på olika förutsättningar som medelstam, att K-skördaren har tagit fler större träd eller att maskinföraren valde att röja ner de små träden istället för att arbeta upp dem. I de fall mindre träd röjts ner hade orsaken varit att dessa hindrat upparbetningen av andra träd, men träden i sig själva hade varit ekonomiskt ointressanta att upparbeta.

Skador på stammar

I studien var skadeandelen låg med totalt 5 skadade träd för båda systemen i provytorna, vilket kan bero på duktiga förare, bra väderförhållanden och goda terrängförhållanden. Tidigare studier visar dock på att beståndsgående maskiner har gjort färre skador på kvarvarande träd (Edlund, 2015; Öberg, 2016).

Stickvägar

I S-försöksytorna var medelstickvägsbredden 3,1 m (2,5 - 3,9) vilket ligger i nivå med en tidigare studie (Edlund, 2015). Medelstickvägsbredden för K-försöksytorna var 4,4 m vilket är lite över Södras rekommendationer på 4,3 m. Stickvägarnas bredd för K-maskinerna varierade mellan 3,4 - 6,0 m, vilket till viss del kan bero på att stickvägarna var snitslade i förväg och att de delvis var snitslade i planteringsraderna. Detta kan ha gjort att stickvägarna har blivit onödigt breda då skördaren ibland varit tvungen att ta ner två planteringsrader. Om stickvägarna gått diagonalt över planteringsraderna hade man kanske kunnat undvika detta. K-maskinerna var 78 cm bredare än S-maskiner, men stickvägarna efter dem var 139 cm bredare.

Stickvägsavståndet i S-försöksytorna var i medel 12,6 m vilket innebär att avstick inte har behövts göras, då S-skördarens kranarm var 6,2 meter lång. I K-försöksrutorna var stickvägsavståndet i medel 22,7 m, då K-skördaren hade en kranarm på 11,3 m. Detta ger en stickvägsandel för S-försöksrutorna på 24% och för K-försöksrutorna 20 %. Den högre stickvägsandelen i S-försöksrutorna beror på att det finns fler stickvägar tätare i dessa bestånd. När man jämför de olika försöksytorna visuellt syns att S-maskinens stickvägar gett ett mindre ingrepp än K-maskinerna, då de har slingrat sig mera och är smalare.

S-skördaren har tagit ut 6 % färre stammar i stickvägarna än K-skördaren men hade 4 % högre stickvägsandel. De färre antal uttagna stammarna i stickvägarna kan bero på att S-skördaren har slingrat sig fram mer i naturliga luckor i beståndet än K-skördaren. Däremot tog S-skördaren ut fler grövre träd i stickvägarna än K-skördaren, vilket kan bero på att den gjort flera stickvägar. Men det var främst i stickvägarna S-skördaren tog grövre träd jämfört mot K-skördaren.

4.1.5 Kostnader

S-skördarens kostnad per m³fub som funktion av medelstam var 4,9 % högre än för K-skördaren vid en medelstam på 0,04 m³fub. Att kostnaden mellan skördarna var högre vid klenare medelstam berodde till stor del på att K-skördaren använde flerträdshantering och inte S-skördaren. S-skördarens uttag på 46,6 m³fub/ha och K-skördarens på 51,8 m³fub/ha har också en påverkan på kostnaden. Tidigare studier har tvärtom visat att S-skördare hade en lägre kostnad än K-skördare vid en medelstam under 0,1 m³ vid goda terrängförhållanden (Thelin, 1990). I denna studie var skotarkostnaden per m³fub vid 200 meters skotningsavstånd 63% högre för S-skotaren än för K-skotaren. För S-drivningssystemet var kostnaden per m³fub 18% högre än för K-drivningssystemet. Den högre kostnaden för S-drivningssystemet ska sättas i relation till den kvalitet som man har på genomförd gallring.

I denna studie jobbade båda maskinsystemen endast med stickvägar och inte med slingerstråk/beståndsstråk. Detta då metoder där skördaren jobbar med att lägga virke till vägen bredvid kan ge fler skador (Dahlin, 2008). Tidigare studie visar på en lägre kostnad när man gör ett beståndsstråk mellan stickvägarna (Dahlin, 2008), dessa gör att man får upp virkeskoncentrationen på de stickvägar som skotaren kör på. I denna studie var koncentrationen av virke högre i K-skördarens högar vilket gett en lägre lastningstid. Vid användning av beståndsstråk för S-skördaren skulle virkeskoncentrationen blivit högre i högarna vilket skulle minska tidsåtgången för S-skotaren. Alternativet hade varit att låta skördarna fokusera på att få upp virkeskoncentrationen i högarna, genom att aptera i färre antal högar. Att använda sig av mer än ett beståndsstråk mellan stickvägarna gör att man får upp koncentrationen av virke i högarna. Tidsvinsten av större högar för skotaren kan man förlora på längre tidsåtgång för skördaren (Dahlin, 2008; Persson, 1993).

4.2 Styrkor och svagheter

4.2.1 Styrkor

I denna studie användes samma förare till skördarna och skotarna, vilket ökar sannolikheten för att resultaten beror på maskinerna och inte i så stor utsträckning av föraren som i många andra studier (Lindroos, 2010). Dock bedömdes ändå att föraren var något bättre på att köra K-skördaren då han kört den längre. Skador på kvarvarande träd är en av alla saker som är beroende av förare, men även av metoden. När skördaren endast gör stickvägar hamnar mer ris i vägarna jämfört med användning av slingerstråk då mycket

hamnar mellan vägarna. I denna studien var det samma förare på skotarna så då kan man bedöma att det var maskinen och metoden som påverkade hur t.ex. skotarföraren *jämndrog* virket i marken eller i lastgrinden (Nurminen, et al., 2006; Hiesl & Benjamin, 2013; Purfürst & Erler, 2011; Purfürst & Lindroos, 2011; Ovaskainen, et al., 2004; Brangefeldt, 2016). Att maskinerna har haft sina försöksytor bredvid varandra i samma bestånd har gjort att de haft mycket lika förutsättningar gentemot i många andra studier.

4.2.2 Svagheter

I studien kalibrerades inte maskinerna noggrant, detta då volymen skulle bilvägs mätas av VMF. Med bättre kalibrerade skördare hade mera exakt data kunnat tas fram (Ågren, et al., 2016). Om flerträdshantering hade funnits på S-skördaren hade dennas produktivitet troligen varit högre (Janson, 2011), men inte lika hög som K-skördarens (Bergkvist & Lundström, 2010). Det kan ha varit en svaghet att förarna inte hade kört de olika maskinerna i studien lika mycket före studien, men de hade kört liknade maskiner i många år vilket kan ses som en stor fördel.

För att få bredare underlag kan en ny studie utföras i olika sorters bestånd, så man får en större variation i medelstam. Ett annat sätt att påverka bestånden hade varit att förröja olika mycket före gallring vilket hade påverkat medelstam och kostnaderna (Hjelmqvist, 2016; Gunnarsson, 2015). Att röja ett bestånd sent kostar mycket jämfört med att röja i rätt tid (Gustavsson, 2015). Denna studien har endast studerat maskinerna när de gjort stickvägar och inte beståndstråk. Resultatet av hur stickvägarna sett ut har varit låsta av hur snittslingen av försöksytorna varit före gallring.

För att samla in data om beståndet användes provytorna, då man fångade in beståndsdata närmast stickvägen och lägst ifrån. För att få bättre data om stickvägsbred kunde man mätt stickvägsbredden på fler ställen än där provytorna fanns.

Inom maskintillverkningen finns flera olika maskinfabrikat av S-maskiner som skulle varit intressanta att ha haft med i studien. Eftersom denna typ av studier är krävande både med avseende på tidsåtgång och kostnad var det nödvändigt att välja ett fabrikat av de S-maskiner som finns på marknaden. Studiens främsta mål var att jämföra S-maskiner med K-maskiner för gallring.

4.3 Behov av fortsatta studier

I en eventuell framtida studie är det intressant att studera produktiviteten vid grövre medelstam över 0,05 m³fub. Det hade varit intressant att studera flera maskinfabrikat inom gruppen S-maskiner över 5 ton och se hur de skiljer mellan varandra. Då S-drivningssystemet är mycket känsligt för långa transportavstånd skulle det vara intressant att studera S-skotare med extra vagn. För K-skotare ligger den ekonomiska gränsen för att använda extra vagn vid ganska långa avstånd, ca 600 meter (Lindroos & Wästerlund, 2013). Det skulle vara intressant att studera om samma förhållande gäller för S-skotaren och hur S-skotaren påverkas av beståndsstråk vilket skulle ge större virkeshögar. För S-skördaren skulle det vara intressant att undersöka med flerträdshantering. Det skulle även vara intressant att studera S-maskiner i kommande gallringar. Vid den kommande gallringen kan man bredda varannan stickväg med en K-maskin eller använda alla stickvägar med S-maskiner igen.

För att kunna följa om ett bestånd påverkas olika över tid beroende av stickvägsgående eller beståndsgående system skulle man kunna totalinventera dessa bestånd och följa dem över tid. Då skulle man kunna undersöka om risken för skador är större eller mindre beroende av stickvägsgående eller beståndsgående maskiner samt hur det utvecklas. För det skulle man behöva totalinventera innan tillväxtsäsongen för 2017 börjar.

4.4 Användning av S-systemet i praktiken

Föreliggande arbete indikerar att S-drivningssystemet går att rekommendera markägare. S-drivningssystemet är viktmässigt ett lättare system vilket innebär att maskinerna skulle kunna gå på fuktigare marker och inte behöver stå stilla i fuktigare perioder under året. Det finns flera fabrikat inom gruppen S-maskinerna som löst bärigheten genom band (Brunberg & Lundström, 2011; Löfgren, et al., 2011), vilket kan vara att föredra i områden med mycket fuktiga marker. Vid användning av kombimaskiner som finns av fler S-fabrikat skulle man kunna hålla ner flyttkostnaden och möjliggöra för att mindre bestånd skulle kunna gallras utan hög flyttkostnad.

4.5 Slutsatser

Studien indikerar på att det är dyrare att använda S-maskiner än K-maskiner då S-skördaren var långsammare i flera arbetsmoment och S-skotarna hade lägre lastningskapacitet och hanterade mindre volym i flera arbetsmoment. För att S- och K-drivningssystemen utrustade som i studien ska vara på samma kostnadsnivå krävs ett 12-31% lägre timpris för S-drivningssystemet än det som använts i denna studie.

S-skördaren gjorde smalare stickvägar än K-skördaren, men stickvägsandelen blev inte lägre för S-skördaren då den gjorde fler stickvägar. Kvarvarande grundyta och uttag var ungefär lika för de båda systemen och kvaliteten på genomförd gallring var tillfredställande för de båda drivningssystemen. Andelen skador var lika för de båda systemen.

Litteraturförteckning

- Agestam, E., 2009. *Skogsskötselserien nr 7, Gallring*, Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Andersson, A., 2015. *En analysmodell för tidsåtgång vid skotning med Komatsuskotare*, Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. Arbetsrapport 27.
- Bergkvist, I., 2007. *Flerträdshantering i granbestånd*, Uppsala: Skogforsk. Arbetsrapport nr 637.
- Bergkvist, I., 2009. *Skördarstorlek och metod i förstagallring av tall och gran – studie av prestation och kvalitet i förstagallring*, Uppsala: Skogforsk. Arbetsrapport nr 685.
- Bergkvist, I. & Ludström, H., 2007. *Studier av Cranab Access i förstagallring av tall*, Uppsala: Skogforsk Nr 647.
- Bergkvist, I. & Lundström, H., 2010. *Gallra från stickväg eller med stråk? Studier vid Holmen Skog*, Uppsala: Skogforsk. Resultat nr 16.
- Berg, S., 1982. *Terrängtypsschema för skogsarbete*. 1 red. Spånga: Forskningsstiftelsen Skogsarbeten.
- Björheden, R. & Fröding, A., 1986. *Ny rutin för praktisk gallringsuppföljning*, Garpenberg: Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsteknik.
- Blomgren, S., 2006. *Stormskador i stickväggallrade bestånd i sydvästra Sverige*, Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsvetenskap. nr 79.
- Brandel, G., 1990. *Volymfunktioner för enskilda - Tall, gran och björk.*, Garpenberg: u.n.
- Brangefeldt, E., 2016. *Utvärdering av utbildningens påverkan på skotarförarens planering och arbetsmetodik*, Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogens biomaterial och teknologi. Arbetsrapport 5.
- Brunberg, T., 1997. *Underlag för produktionsnorm för engreppsskördare i gallring*, Uppsala: Skogforsk. Redogörelse nr 8.
- Brunberg, T., 2004. *Underlag till produktionsnormer för skotare*, Uppsala: Skogforsk. Redogörelse nr 3.
- Brunberg, T. & Iwarsson-Wide, M., 2013. *Underlag för prestationshöjning vid flerträdshantering i gallring*, Uppsala: Skogforsk nr.796.
- Brunberg, T. & Lundström, H., 2010. *Rätt maskinval i gallring - studie vid SCA Skog*, Uppsala: Skogforsk. Resultat nr 6.
- Brunberg, T. & Lundström, H., 2011. *Studier av TimBear lightlogg C i gallring hos Stora Enso Skog våren 2011*, Uppsala: Skogforsk. Nr 748.

- Dahlin, A., 2008. *Produktivitet och kvalitet vid stickvägs- respektive beståndsgående förstagallring*, Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning. Arbetsrapport 216.
- Edlund, L., 2015. *Uttagsnivå i förstagallring och dess inverkan på framtida tillväxt och avkastningspotential i talldominerade bestånd - En jämförelse mellan beståndsgående- och stickvägs-gående maskiner*, Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogens biomaterial och teknologi. nr 4.
- Eriksson, H., Johansson, U. & Karlsson, K., 1994. *Effekter av stickvägsbredd och gallringsform på beståndsutveckling ett försök i granskog*, Garpenberg: Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsproduktion.
- Eriksson, M. & Lindroos, O., 2014. Productivity of harvesters and forwarders in CTL operations in northern Sweden based on large follow-up datasets. *International Journal of Forest Engineering*, 28 Oct.
- Eriksson, T., 2014. *Skogsstatistisk årsbok 2014*, Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Fransson, A., 2008. *Vindskador vid stickväg i 1:a och 2:a gallring i Boxholm, Östergötland - i stormen Pers fotspår*, Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap. nr 108.
- Freij, J. & Tosterud, A., 1989. *Det storskaliga skogsbrukets system och metoder : Drivning, skogsvård och vägar 1987-1992 = Systems and methods used in large scale forestry : Logging, silviculture and roads*, Kista: (Redogörelse nr 6/ Forskningsstiftelsen Skogsarbeten.
- Grönesjö, R., 2016. *Viktiga faktorer för skogsägare vid gallring*, Skinnskatteberg: SLU-skogsmästarskolan. nr 28.
- Gunnarsson, B., 2015. *Underröjningsgradens påverkan på förstagallringsnetto med flerträdsaggregat*, Växjö: Linnéuniversitetet, institutionen för skog och träteknik.
- Gustavsson, H., 2015. *Tidsåtgång och kostnader vid försenad röjning*, Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. Arbetsrapport nr 10.
- Hägström, C. o.a., 2016. Vibration exposure in forwarder work: effects of work element and grapple type. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 37(1), pp. 107-118.
- Håkansson, M., 2000. *Skogsencyklopedin. (M.Håkansson, Red.)*, Stockholm: Sveriges Skogsvårdsförbund.
- Hiesl, P. & Benjamin, J., 2013. Applicability of international harvesting equipment productivity studies in maine, USA: A literature review. *Forests*, 4(4), pp. 898-921. DOI:10.3390/f4040898.
- Hjelmqvist, R., 2016. *Jämförelse av produktivitet och kostnader för drivningsarbetet vid två olika förröjningsnivåer i första gallring av konfliktbestånd*, Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. Arbetsrapport 17.

- Janson, E., 2011. *Prestationspåverkan av flerträdshantering i klena gallring*, Skinnskatteberg: Sveriges lantbruksuniversitet. Skogsvetenskapliga fakulteten. nr 21.
- Johansson, P., 2007. *Gallring med vinkelkran - en jämförande tidsstudie av skördarkran med och utan horisontellt ledad vipparm*, Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet. Arbetsrapport 188.
- Jonsson, M., 2014. *En jämförelse avseende beståndsgående- och stickvägsgående gallringsmaskiner*, Skinnskatteberg: Sveriges lantbruksuniversitet. Skogsvetenskapliga fakulteten. nr 25.
- Jonsson, R. o.a., 2016. *Prestation och kostnader för drivaren Komatsu X19 och tvåmaskinsystem med Komatsu 941 och 895 i grov slutavverkning*, Uppsala: Skogforsk. nr. 912.
- Kärhä, K., Rönkkö, E. & Gumse, S.-I., 2004. Productivity and Cutting Costs of Thinning Harvesters. *International Journal of Forest Engineering*, 1 Juni, 15(2), pp. 43-56.
- Karlsson, U., 2016. *En jämförelse av antalet kvarvarande stammar mellan beståndsgående och stickvägsgående skördare i förstagallring*, Växjö: Linnéuniversitetet, institutionen för skog och träteknik.
- Löfgren, B. o.a., 2011. *Spårdjup och vibrationer för banddrivna skotare Lightlogg C och ProSilva*, Uppsala: Skogforsk. nr 736.
- Lageson, H., 1997. Effects of thinning type on the harvester productivity and on the residual stand. *Journal of forest engineering*, 8(2), pp. 7-14. DOI: 10.1080/08435243.1997.10702699.
- Lazdis, A. o.a., 2016. *Productivity of Vimek 404 T5 harvester and Vimek 610 forwarder in early thinning*. *Agronomy Research*, 14(2), 475-484., u.o.: u.n.
- Lindmark, M., 2002. *Skillnader i metod, kvalitet och ekonomi mellan stickvägs- och beståndsstråkgallring - analys av gallringsuppdrag utförda av Norra Skogsägarna 2000-03-01 - 2001-02-28*, Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. nr 2.
- Lindroos, O., 2010. Scrutinizing the Theory of Comparative Time Studies with Operator as a Block Effect. *International Journal of Forest Engineering*, 21(1), pp. 20-30.
- Lindroos, O., Bergström, D., Johansson, P. & Nordfjell, T., 2008. Cutting corners with a new crane concept. *International Journal of forest engineering*, 19(2), pp. 21-27. DOI: 10.1080/14942119.2008.10702564.
- Lindroos, O. & Wästerlund, I., 2013. *Utvärdering av skotning med påhängsvagn*, Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. Rapport 1 2013.
- Lindroos, O. & Wasterlund, I., 2014. Theoretical potentials of forwarder trailers with and without axle load restrictions. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 35(2), pp. 211-219.

- Manner, J., Nordfjell, T. & Lindroos, O., 2013. Effects of the number of assortments and log concentration on time consumption for forwarding. *Silva Fennica*, 47(4), p. article id 1030. 19.
- Mederski, P. S., 2006. A comparison of harvesting productivity and cost in thinning operations with and without midfield. *Forest Ecology and Management*, 224(3), pp. 286-296.
- Nilsson, G., 2013. *Griptiltens effekt på skotarens produktivitet*, Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning. nr 402.
- Nordfjell, T., 2014. *The technical evolution and market of forwarders in Sweden. FEC 2014 – 5th Forest Engineering Conference. September 23-26, 2014 in Gerardmer, France. <http://fec2014.fcba.fr/wp-content/uploads/sites/4/2014/11/a85.pdf>*. [Online].
- Nordfjell, T., Athanassiadis, D. & Talbot, B., 2003. Fuel consumption in forwarders. *International Journal of Forest Engineering*, 14(2), pp. 11-20.
- Nordfjell, T., Björheden, R., Thor, M. & Wästerlund, I., 2010. Changes in technical performance, mechanical availability and prices of machines used in forest operations in Sweden from 1985 to 2010. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25(4), pp. 382-389.
- Nurminen, T., Korpunen, H. & Uusitalo, J., 2006. Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system. *Silva Fennica*, 40(2), pp. 335-363.
- Ovaskainen, H., Uusitalo, J. & Väätäinen, K., 2004. Characteristics and Significance of a Harvester Operators' Working Technique in Thinnings. *International Journal of Forest Engineering*, 15(2), pp. 67-78.
- Persson, D., 2016. *Engreppsskördarens tekniska utveckling*, Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogens biomaterial och teknologi. Arbetsrapport 7.
- Persson, J., 1993. *Rottne 2000 beståndsgående engreppsskördare*, Kista: Skogforsk. Resultat nr 7.
- Pettersson, F., 2016. *Effekter av olika gallringsformer och stickvägsavstånd på virkesproduktion och ekonomi i tallförsöket Kolfallet – Resultat efter två gallringar och en 20-årig försöksperiod*, Uppsala: Skogforsk nr. 900.
- Petty, A. & Kärhä, K., 2014. Productivity and cost evaluations of energy-wood and pulpwood harvesting systems in first thinnings. *International Journal of Forest Engineering*, 25(1), pp. 37-50. DOI:10.1080/14942119.2014.893129.
- Purfürst, T. & Erler, J., 2011. The human influence on productivity in harvester operations. *Int J Forest Eng*, 22(2), pp. 15-22.
- Purfürst, T. & Lindroos, O., 2011. The long-term productivity's correlation with subjective and objective ratings of harvester operators. *Croat J Forest Eng*, 32(2), pp. 509-519.

Sirén, M. & Aaltio, H., 2003. Productivity and costs of thinning harvesters and harvester-forwarders. *International Journal of Forest Engineering*, 14(1), pp. 39-48.

SkogsSverige, 2017. *Skogssverige.se*. [Online] Available at: <http://www.skogssverige.se/omvandlare> [Använd 20 01 2017].

Spinelli, R. & Magagnotti, N., 2010. Performance and cost of a new mini-forwarder for use in thinning operations. *Journal of Forest Research*, 15(6), pp. 358-364.

Thelin, A., 1990. *Beståndsgående gallringsskördare - alternativ och komplement i gallring*, Kista. Redogörelse nr 1: Forskningsstiftelsen skogsarbeten.

Ågren, K., J.Möller, J. & Bhuiyan, N., 2016. *Utveckling av en standardiserad metod för kalibrering av volymsbestämning vid avverkning med flerträdshanterande skördaraggregat*, Uppsala: Skogforsk, arbetsrapport nr. 893.

Öberg, D., 2016. *En jämförande studie mellan stickvägsgående och beståndsgående skördare och skotare*, Växjö: Linneuniversitetet. Institutionen för skog & träteknik.

Bilaga. Tekniska data på gallringsmaskiner

Tabell Maskin data

Table Machine data

Tillverkare	Skördare	Skotare	Combi	Tjänstevikt (kg)	Lastvikt (kg)	Bredd (m)	Kran längd (m)	Kran
Greemo		1050F		12130	10500	2,58/2,63/2,75	7,2	Loglift 159F
Greemo	1050			14700		2,6/2,76	10	Loglift 181
Ponsse		Wisent		17300	12000	2,69/2,84	7,9/10	
Ponsse		Gazelle		15400	10000	2,4/2,7	7,9/10	K70
Ponsse	Beaver			17500		2,75/3	10	C2/C44
John Deer		1010E		14700(6h)/16500(8h)	11000	2,72/2,82	7,2/8,5/10	CF5
John Deer	1070E IT4 (6hjul)	810E		12950	9000	2,53/2,68	7,2/8,7/9,8	CF1
John Deer				15750		2,66/2,82	8,6/10/10,8	180S
John Deer	1070E IT4 (4hjul)			15050		2,6/2,71	8,6/10/10,7	180S
Komatsu		835		15850	11000	2,64/2,72/2,85	7,7/9,5/10	Komatsu 105F
Komatsu	901			17390		2,7/2,99	10 alt 11	
Rottne		F10B		12850	9000	2,7/2,5	7,5/9,3	RK85
Rottne	H11c			17400		2,8	10,3/11,3	
Rottne	H8			8500		2/2,2	7	RK50
Sampo		RF28		13000	10000	2,72	7,2/8,5/10	Kesla
Sampo	HR46X			8000-9500		2,1/2,4	7,1	
Woodtiger		G130 6WD		3200	3500	1,85	4,5/5,7	
Alstro		833		2250	2500	1,55	3,8/4,2	
Terri		3020		1970	2000	1,65	3,8/4,6	Mowi P20
Terri		34						Mowi P30
Terri	34			4900	3600	1,9	5,7	Mowi 400
Novotný		LVS 511		4475-5500	5000	1,860	5,2/6,5	Mowi P25
Novotný		LVS 520		7200	5000	2,1	6,1	Cranab FC 45
Novotný		LVS720		8500	7500	2,2/2,4	6,5/8,5	Cranab FC53T/DT
Malwa			560C	5400	5500	1,95/2,15	6,1	Cranab FC45
Malwa		560F		4400	5500	1,95/2,15	6,2/8	Cranab FC45
Malwa	560H			5400		1,94	6,2	Mowi 400
Virnek		606 TT		2960	3000	1,8	4,6	Mowi 2046
Virnek		610,2		4700	5000	1,9 alt 2,0	5,2	Mowi P25
Virnek	404T6			4400		1,8 alt 2,15	4,6	Mowi 2046

Lyftmoment (kNm)	Svängmoment (kNm)	Antal hjul	Motor styrka (kW)	Varvtal (rpm)	Motor	Däck fram	Däck bak	Marktryck (kg/cm ²)
78		8	120	1900	Cummins Qsb	600/650/700		
138		8	164	2000	Cummins	600/700		
					Mercedes OM34LA			
106	24,5	8	150	1600			600/710/800	
205/230	38/40	6	150	1200-1600	Mercedes	650/750		
102	24	6 alt 8	115,5	1900	JD 4045	600 alt 700		
76	19	8	100	1900	JD 4045	600 alt 700		
143	38	6	136	1900	JD 6068	600 alt 710		
143	38	4	136	1900	JD 6067	600 alt 650		
103	28,7	8	127	1900	Agro Power 49 AWF	600/55, 650/45, 710/45		
198	43	6	150	1900	Agro Power 66 AWF	600/65 alt 710/55		
86,7	27,1	8	116	1800	JD 4045	710/40	710/40	
80	17,3	4	116	1800	JD 4045	500/60	600/55	
		8	124	2100	Agro Power 49 AWF	710/40	600/50	
55	17	4	124	2100	Agro Power	500 alt 650		
			22					
		8x8	15	3000	KubotaD1305	25		
			45,5	3000	Perkins TD	490		
37	8,5	band	55,4	2200	Cat C3	490		0,46
26	8,5	8x8	57	2600	Cummins	400/60	400/60	
45,6	13,5	8x8		2200				
632 kg/418 kg		8x8	82	2400	Cummins	500/60	600/50	
45,6	13	6	55	2200	Caterpillar	500 alt 600		
45,6	13	6	55	2200	Caterpillar	500 alt 600		
37	8,5	6	55	2200	Caterpillar	500	500	
		6	18	3600	KubotaD902E	405/70	400/60	
26	8,5	6	44	2700	Cat 2,2 T	500/60	400/60	
		4	44	2700	Cat C2,2T	405/70(500/60)	405/70(500/60)	

f0,08, h0,27
vid 2000kg
last

Aggregat	Dragkraft Aggregat (kN)	Fällningsdia- meter (mm)	Hastigheter (km/tim)	Frigångshöjd (mm)	Hydraulik tryck (bar)	Hydraulik flöde (l/min)
SP561IF		600			210	
			0-20	60		
H5/H6	19/25	53/60				
			0-23	67	240	
			0-23	620	240	
			0-22	615	240	
			0-22	57		
H725HD			0-22	56-64	240-280	
			0-23	66		250
340	18	530	0-24	63	250-280	400
			0-25	60	30-240	165
Egs 406	14,3	430	0-24	25,7-103,8	250	230
Keto 51//kesla 18RH		320	0-25	62	215	220
			0-13	67	230	294
Log Max 928A	14,9	420	0-19	40		
			0-15	40		
			0-18	45	190	83
			0-24	44	195	130
Log Max 928A	14,6	420	0-18	53,4		
		420	0-18	40	195	
			0-18	40	195	60
Log Max 928A	14,6	420	0-20	40	195	
			0-18	40	175	43
Keto Forst Silver Supreme		300	0-18	40	175	60
				40		120