



SKOGSMÄSTARPROGRAMMET
Examensarbete 2011:08

Produktivitetseffekter av flerträdshantering

Multiple tree handling – effects on productivity

Andreas Rönnqvist

Produktivitetseffekter av flerträdshantering

Multiple tree handling – effects on productivity

Andreas Rönnqvist

Handledare: Lars Norman

Examinator: Eric Sundstedt

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå med minst 60 hp kurs/er på grundnivå som förkunskapskrav

Kurstitel: Kandidatarbete i Skogshushållning

Kurskod: EX0624

Program/utbildning: Skogsmästarprogrammet

Utgivningsort: Skinnskatteberg

Utgivningsår: 2011

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: gallring, flerträd, skördare



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

FÖRORD

Studien har genomförts inom ramen för ett examensarbete vid Skogsmästarskolan på uppdrag av Sydved. Arbetet är på nivå grund C och omfattar 15 högskolepoäng, vilket motsvarar 10 veckors heltidsstudier. Studien genomfördes under vintern 2010-2011.

Tack till: Kontaktpersonerna på Sydved Magnus Alexandersson och Magnus Gerhardsson, alla entreprenörer och inköpare som ställt upp med underlaget till studien, min handledare på skogsmästarskolan Lars Norman, Dan Törnblad på Stora Enso och Torbjörn Brunberg på Skogforsk som tillhandahållit referensmaterial.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	3
1. ABSTRACT	7
2. INLEDNING.....	9
2.1 Röjning.....	9
Underröjning	9
2.2 Gallring	10
2.3 Metoder i gallring	10
Massaved och/eller bibränslesortiment.....	10
Geometrisk gallring	11
Helstam	11
2.3 Näringsförluster och kompensation vid bibränsleskörd	12
2.4 Teknik vid flerträdshantering i gallring	12
Flerträdshantering	13
Skördaraggregat	13
Klipp & Klinga	13
Skotare	14
Beståndsgående flisskördare.....	14
Klenvirkesbuntare	14
2.6 Effekter av ackumulering med skördaraggregat	15
2.7 Prestation skördare.....	15
2.8 Syfte	15
Mål	16
3. MATERIAL OCH METODER	17
3.1 Allmänt	17
3.2 Genomförande.....	17
3.3 Tekniska förutsättningar	18
3.4 Förtjänster och brister	19
4. RESULTAT	21
4.1 Användning av flerträdshantering.....	21
4.2 Prestation.....	22
4.3 Delkvistade sortiment	24
4.4 Metodutbildning.....	25
5. DISKUSSION.....	27
5.1 Variationer i studien.....	27
5.2 Flerträd.....	27

5.3 Förslag till prestationskurva.....	28
5.4 Prestationsökning	29
5.5 Exempel på prissättning	30
6. SAMMANFATTNING.....	31
7. KÄLLFÖRTECKNING.....	33
7.1 Publikationer	33
7.2 Internetdokument	35
7.3 Personliga meddelanden	35

1. ABSTRACT

The main purpose of this study is to investigate the productivity effects of multiple tree handling in thinnings. Other important elements have been to investigate in which extent multi-tree handling is used in stands with different stem volumes and the impact of collecting partially delimbed fuelwood assortments has on harvesting performance.

The study is based on data from thinnings in Sydved and contractors' operating activities. Collection and compilation of operating schedules, number of stems and surveyed volumes from several contractors and a large number of executed orders underlying the results.

Multiple tree handling is used to a much greater extent at lower average stem volumes. Prediction models for productivity of the multiple-tree handling harvesters in the study differ from the productivity models for single-tree handling. In the model developed in this study productivity is not as dependent of stem volume as reference models. Productivity varies greatly between different machines and drivers, which in itself can be a basis to approach the training of drivers. Collection of fuelwood assortments that only needs to be partially delimbed have a certain positive impact on both the proportion of multi managed trees and productivity.

2. INLEDNING

Det här examensarbetet har som syfte att belysa vilka produktivitetseffekter flerträdshantering har i gallring. Följande kapitel kommer att handla om teknik som finns tillgänglig på marknaden och som är under utveckling inom området. De skogliga och tekniska faktorer som påverkar användning och utvecklingen av flerträdsteknik kommer också belysas. Avslutningsvis kommer syftet med arbetet förklaras.

Förutsättningen för att fortsättningsvis med god ekonomi kunna avverka och transportera klena träd är en teknikförbättring. Skördare utrustade med flerträdshantering har under den senaste tiden blivit en allt vanligare företeelse i det svenska skogsbruket och har visat sig kunna öka prestationen och höja nettot i gallring (Bergkvist, 2007).

2.1 Røjning

”Beståndsvårdande utglesning av plant- och ungskog utan att gagnvirket tas tillvara. Røjningsavfallet kan dock under vissa omständigheter tas till vara som biobrånsele” (Pettersson, et al. 2007).

I 1979 års skogsvårdslag var røjning reglerat enligt lag. I samband med att røjningsplikten togs bort 1994 minskade andelen røjd areal från ca 350 000 ha/år till omkring 200 000 ha/år (Pettersson & Backe, 1998). Idag finns ca 1 miljon hektar eftersatt røjning i Sverige. Det bedöms motsvara ett engångsuttag på 64TWh energi och därefter ett årligt uttag på 5-10 TWh (Iwarsson Wide, 2009a).

Stora delar av dagens ungskogar löper med en så låg årlig røjningsnivå stor risk att aldrig bli røjda. Med dagens teknikutveckling och stora efterfrågan på bioenergi kan man fråga sig om vi verkligen ska røj ungskog och låta biomassen brytas ner istället för att utnyttja den till biobrånsele. Men att medvetet avstå från ungskogsrøjning av skälet att senare göra ett skogsbrånseleuttag är inte framsynt skogsskötsel. Det skulle medföra en ökad risk både för snöbrott och för försämrad vindstabilitet i framtiden. Särskilt anpassade røjningsprogram kan istället användas för att öka virkesuttaget i gallringar vilket kan vara en önskvärd effekt av ökad efterfrågan och skogsbrånselepris (Pettersson, et al. 2007).

Underrøjning

Utebliven eller undermålig ungskogsrøjning resulterar som regel i att en s.k. förrøjning måste genomföras före ett eventuellt gallringsingrepp. Medeldiametern är förhållandevis låg i eftersatta bestånd varför avverkningskostnaden ökar (Pettersson, et al. 2007). En reducering av stamantalet kan antingen göras i form av en förrøjning och traditionell gallring eller en tidig gallring med skogsbrånseleuttag. Røjningskostnaden ökar med beståndets täthet och trädstorlek (Ligné, 2004). Johansson och Gullberg (2002) konstaterar att kostnaderna för avverkning av klena träd med konventionella metoder ofta vida överstiger intäkterna varför det är mer ekonomiskt att røj ned stammarna. Enligt Dehlén (2010) kan underrøjningen med

fördel anpassas till de sortiment och den metod som ska användas i den kommande gallringen för att ge ökad lönsamhet i åtgärden.

2.2 Gallring

”Beståndsvårdande utglesning av skog under tillvaratagande av virke” (Agestam, 2009).

Gallring påverkar skogen på många olika vis och är ett av de mest kraftfulla verktygen för att påverka skogens utveckling. Det viktigaste skälet till att gallra är att förbättra skogsbrukets ekonomi. Genom gallring kan man ta till vara en större mängd virke, som annars skulle ha dött på grund av för stor konkurrens. Gallringen resulterar i att träden snabbare kan utveckla rotsystem och grönmassa med ökad volymproduktion för det enskilda trädet som följd. Skogsbrukaren skapar sig genom gallring en möjlighet att fördela näringen och tillväxten på de träd han/hon önskar, ex. träd med hög kvalitet eller ett visst trädslag.

Gallring utförs idag mestadels med skördare och skotare, därigenom har kostnaderna minskat jämfört med det tidigare mer manuella avverkningsarbetet. Förstagallringen sker lämpligen någon gång mellan 10-15 meters övre höjd. Det finns idag avsättning för allt klenare virke och gränsen mellan gallring och röjning blir alltmer flytande.

På bördigare marker görs normalt fler gallringar, upp till fyra. På magra marker ofta ett eller två gallringsingrepp. En gallring kan beskrivas med gallringsstyrka, tidpunkt och gallringsform/gallringskvot. Gallringsstyrkan beskrivs ofta som den del av beståndets grundyta eller volym som tas ut, gallringsstyrkan ligger i praktiken på ungefär 20-40%. Små uttag medför generellt en sämre ekonomi i ingreppet medan stora uttag kan medföra tillväxtförluster. Gallringskvoten beräknas genom att medeldiametern på uttaget sätts i relation till medeldiametern efter gallring. Gallringskvot under ett innebär låggallring och gallringskvot över ett är en höggallring (Agestam, 2009).

2.3 Metoder i gallring

Massaved och/eller bibränslesortiment

Under de senaste årtiondena har gallring i stor utsträckning utförts av engreppsskördare med enkelhanterande skördaraggregat. Uttaget består traditionellt främst av massaved och eventuellt kubb/klentimmersortiment. Tidiga gallringar ger höga avverkningskostnader med konventionell metod på grund av låg medelstam och låg andel gagnvirke. Generellt när man apterar massaved i klena gallringar så kan 20-30% av stamvolymen inte användas p.g.a. för klena dimensioner. Denna volym plus grenar och toppar lämnas kvar i skogen vid traditionell gallring. Stigande bibränslepriser skapar ett nytt sortiment som konkurrerar med rundvirket i klena, stamtäta bestånd (Bergström, et al. 2010). Uttag av knäck-/delkvistade sortiment är enligt en studie av Iwarsson Wide (2009b) den effektivaste metoden vid uttag av bioenergisortiment med skördaraggregat i klena gallringar.

Ett flertal undersökningar har gjorts för att klargöra vilka ekonomiska effekter uttag av bibränslesortiment har i klena gallringar se t.ex. (Liss, 2004; Sandström, 2010; Vikinge 1995; Bergström et al. 2010; Dehlén, 2010). Vid en konventionell förstagallring består uttaget av massaved och ev. kubb-, timmersortiment. Stammar med dbh > 8 cm är kommersiellt gångbara. Förröjning kan i lämpliga bestånd begränsas till fördel för energigallring, då stammar som annars skulle ha röjts ner tas ut som skogsbränsle. Som en kompromiss kan energi tas ut ur ”vanliga” förstagallringar som en biprodukt och som en huvudprodukt i s.k. energivedsgallringar (Hakkila, 2005).

Skördarens produktionsnivå för antal stammar per tidsenhet skiljer sig inte avsevärt mellan traditionellt massavedsuttag och helträdsuttag i tidig gallring. Men då helträdsuttag ger ett betydligt högre uttag per träd så kan produktiviteten räknat som ton TS vara avsevärt högre. Skotarens produktivitet påverkas dock i motsatt riktning eftersom massavedslast är kompaktare än last som innehåller mycket klena dimensioner, grenar och toppar (Bergström, et al. 2010). Uttagsmetoden är mycket avgörande för ekonomin i avverkningen, valet påverkas av tillgänglig teknik, priser på respektive sortiment, utfallande mängder av respektive sortiment och transportavstånd (Iwarsson Wide, 2009b; Bergström, et al. 2010).

Ur ett nationalekonomiskt perspektiv bör ved användas till industriell råvara hellre än som en energikälla. Men förutom hög avverkningskostnad, begränsas nyttan vid användningen av små träd för pappersmassa av vedens tekniska egenskaper. Små träd har en hög andel juvenilved, vilket innebär korta fibrer och låg densitet. Barkandelen tenderar även att vara hög. Små träd medför också högre förluster av ved vid industrin eftersom klen virke lätt går av i barkningstrumman. Låg densitet medför också ett lägre värde även som bibränsle eftersom det innebär ett lågt energivärde (Hakkila, 2005).

Geometrisk gallring

Olika former av geometrisk gallring studeras på Skogforsk och tros kunna effektivisera drivningen avsevärt. En variant är att man använder sig av traditionella stickvägssystem och s.k. krankorridorer för att glesa ut beståndet mellan vägarna. Tanken är att alla träd ska avverkas inom krankorridoren och målet är att det ska kunna göras i en och samma kranrörelse (Skogforsk, Länk A) Ett geografiskt avverkningsmönster minskar och förenklar kranrörelsen och på så vis möjliggör snabbare kranarbete (Johansson & Gullberg, 2002).

Helstam

Vid uttag av bibränslesortiment kan träden fällas och lämnas hela för vidare transport eller flisning i bestånd. Metoden har ofta visat sig avsevärt fördyra uttransporten med skotare till fördel för andra metoder som medför upparbetning av stammarna. Knäckkvistning av virket medför kompaktare last, ökade lastvikter på skotaren och möjligheter till vidaretransport med vanlig timmerbil (Iwarsson Wide, 2009b). Vid helträds-skörd kan dock skotaren vara utrustad med gripsåg för avkortning av stammarna och klämmande stöttor på lastbäraren för komprimering av lasten (Bergström, et al. 2010).

2.3 Näringsförluster och kompensation vid bibränsleskörd

Hos yngre träd av gran och tall utgör grenar, toppar och barr ca 50 % av trädens biomassa. Gröndelar innehåller betydligt mer näringsämnen än stamved. Uttag av träddeklar innebär därför avsevärt större näringsförluster än vid enbart massavedsuttag (Bergström, 2010). På fastmark är ofta kväve en begränsande faktor för tillväxten i våra skogar. Man kan därför förvänta sig vissa tillväxtförluster vid upprepade uttag av skogsbränsle i form av grenar och toppar. Skogsbränsleuttag i förstagallring kan enligt Mattson (1999) ge tillväxtförluster upp till omkring sju procent av den löpande tillväxten för tall och omkring tio procent för gran, med en varaktighet på 15 år och en förlängd omloppstid på ca: 2 år. Används metoder där gröndelar lämnas kvar i beståndet kan tillväxtförlusterna begränsas.

Rosenberg och Jacobson (2004) konstaterar att effekterna av upprepade uttag av helstam i gallring inte resulterar i några signifikanta skillnader på markens Ph-värden eller nivåer av kol och kväve. Jacobson med flera (2000) påvisar dock tillväxtnedsättningar på 7-17% under de första 10 åren i bestånden gallrade med helstamsuttag, vilket tyder på att tillgängliga näringsämnen påverkas i någon utsträckning av uttagen.

Näringskompensation associeras oftast till askåterföring med traktorspridning eller helikopterspridning, i de flesta fall talar kostnaderna för traktorspridning. I stora delar av landet bör intensiv skörd av skogsbränsle även kunna legitimera kvävegödsling som kompensation, vilket med fördel kan göras i samband med askspridning. Detta kräver att askan är stabiliserad och inte så reaktiv att kvävegödselmedel till del går förlorat, stabiliserad aska minskar även direkta skador på markvegetationen (Egnell, 2009).

Återföring av stabiliserad aska är en mycket lämplig metod för kompensation av förlorade näringsämnen i form av baskatjoner och fosfor, den bedöms inte ha någon negativ inverkan på mark och växter. Stabiliserad aska förväntas endast ha positiva effekter på markens och markvattnets näringssammansättning i det långa loppet (Wang, et al. 2010). Enligt statens energimyndighet (2006) är det främst på torvmark där låga nivåer av fosfor och kalium är tillväxtbegränsande som askan kan användas för ökad skogsproduktion, näringen i askan är även ett viktigt komplement vid kvävetillförsel för ökad produktionen på fastmark.

2.4 Teknik vid flerträdshantering i gallring

De tre vanligaste teknikerna för avverkning av klenare träd i Sverige är enligt Iwarsson Wide och Belbo (2009) klipp, sågsvärd och klinga. Finska studier visar på att mekaniserad avverkning av energived är dyrare än manuell avverkning i bestånd med uttag under 30m³/ha och medelstam under 30 dm³/träd. Bristen på professionella skogsarbetare och möjligheten att avverka året runt med mekaniserade metoder talar dock för mekaniserad avverkning i framtiden (Kärhä, et al. 2005). Skogforsk gjorde hösten 2008 en enkätundersökning som visade att ett hundratal ekipage arbetade med bibränsleskörd i Sverige, varav de flesta var av typen klipp, normalt skotades materialet ut till bilväg för flisning (Iwarsson Wide, 2009a)

Flerträdshantering

Flerträdshantering syftar till att flera träd hanteras samtidigt vid avverkning istället för att som vid konventionell avverkning fälla träden ”ett och ett”. Att avverka små träd enskilt har alltid varit relativt improduktivt. Flerträdshantering möjliggör en tidsreducering per träd och ökar på så vis produktiviteten i avverkningsarbetet. Flerträdshantering kan göras genom att fälla flera träd per kap eller genom att kapa träden enskilt och ackumulera flera träd i fällhuvudet. På så vis hanteras flera träd per krancykel. Att avverka flera träd per kap effektiviserar arbetet avsevärt men användningen av tekniken begränsas oftast av att träden står för långt isär (Johansson & Gullberg, 2002). Flerträdshantering har i ett flertal studier visat sig effektivisera gallringen med 2-37%, samma för både tall och gran i glesa bestånd, i tätare granbestånd verkar dock flerträdshantering hindras till viss del av dålig sikt (Bergkvist, 2003). En anledning till att användning av flerträdsmetoden hämmas bedöms vara osäkerheter om huruvida industrin kan använda sig av den något sämre tillredda råvaran. Den riskerar att innehålla mer kvist och för klena dimensioner. Andelen för klena stockar tros dock bero mer på beståndets egenskaper än metoden. Vrakandelen har vid stickväg uppmätts öka 1-20% p.g.a. kvist, men mer än hälften av kvistarna som bedömdes till vrakkvist hade försvunnit efter terrängtransport och vidaretransport (Bergkvist, 2007).

Produktivitetensökningen är störst i bestånd med låg medelstam och höga uttag (Bergkvist, 2007). Enligt en undersökning av flerträdshanterande klippaggregat av Kärhä med flera (2005) är avverkningen av små träd som mest kostsam i bestånd med låg medelstam, små uttag och många kvarvarande stammar efter gallring. Stamantal/ha och volymen i uttaget är de faktorer som har mest inverkan på produktiviteten i de mest tidskrävande momenten fällning och sammanföring.

Skördaraggregat

Skördaraggregat är främst utvecklade för avverkning av s.k. rundvirke och är utrustade med flerträdshantering mycket effektiva för avverkning av klenare träd. Utrustning för flerträdshantering erbjuds idag till ett flertal både små och stora skördaraggregaten på marknaden (Bergkvist, 2007; Iwarsson Wide, 2009a).

Fällning i bestånd med tät och lång skog underlättas betydligt av skördaraggregatets matarhjul. Föraren har möjligheten att med hjälp av matarhjulen få ner träden. Skördaraggregat har även relativt snabb sågfunktion och går att avverka med under förflyttning. Möjlighet att välja mellan eller att kombinera biobränslesortiment och massaved är också en aspekt som talar för användning av traditionella skördaraggregat utrustade med flerträdshantering. Kedjan på ett sågsvärd kan dock kränga av eller nypa om ansättning inte sker korrekt och ett skördaraggregat är oftast dyrare än ett aggregat utrustade med klipp eller klinga. Skördaraggregatets höga kapacitet har ändå resulterat i lägre avverkningskostnad vid gjorda jämförelser (Iwarsson Wide & Belbo, 2009; Iwarsson Wide, 2009a).

Klipp & Klinga

Kranspetsmonterade aggregat med klipp och klinga är andra metoder som används för flerträdshanterande avverkning, båda har sina för och nackdelar. Klippen är robust, relativt billig i inköp, billig i drift och underhåll. Den kräver mycket kraft, kapar ganska långsamt och kan inte avverka under körning. Klingan är snabb och effektiv

till röjning och kan avverka under körning men är känslig för stensågning (Iwarsson Wide, 2009a).

Klipparna delas in i två olika grupper, giljotiner och knivar. Giljotinen skär av stammen med ett rakt snitt och kräver relativt stor kraft. Knivarna kan antingen vara mötande som en sax eller klippa mot ett mothåll. Klingorna har antingen sågtänder eller är utrustade med en sågkedja som monteras på klingan (Iwarsson Wide, 2009a).

Metoderna har i gjorda undersökningar visat sämre resultat än traditionella skördaraggregat utrustat med flerträdshantering. Tidsåtgången har främst varit högre vid fällning och tillredningen av virket (Iwarsson Wide & Belbo, 2009).

Skotare

Skotarens effektivitet är i hög grad beroende av transportavstånd, hur stor volym och vilka sortiment som tas ut vid avverkningen. Lastvikten påverkas betydligt av vilken metod och sortiment som avverkas. Traditionella rundvirkes Sortiment ger högre lastvikter än biobränslesortimenten. Knäckkvistade biobränslesortiment ger högre lastvikter än helstamsuttag (Iwarsson Wide, 2009b).

Drivare

I Finland användes enligt Kärhä (2006) två system för mekaniserad avverkning av klena träd. Det traditionella tvåmaskinssystemet med skördare/skotare och s.k. energivedsdrivare som både avverkar och transporterar ut hela träd till bilväg. Studier som gjorts har visat på att energivedsdrivaren är mer lönsam än tvåmaskinssystemet vid korta skotningsavstånd (<150 m), låg medelstam (<20dm³), låg volym/ha i uttaget (helstam), (<55 m³fub/ha) och (<100m³fub/bestånd). Drivarsystemet överlappar och effektiviserar främst upparbetning och lastning. Trädbuntarna lastas direkt efter att sista trädet kapats från stubben istället för att högläggas vid stickvägskant. Avlastningsmomentet är dock effektivare med en konventionell skotare.

Beståndsgående flisskördare

Skördaren lägger helträd eller träddelar vid stickvägskant. En mindre flismaskin går därefter i stickvägsnätet och flisar materialet som sedan transporteras ut till bilväg. Metodstudier av beståndsgående flisskördare i s.k. konfliktbestånd har visat att systemet under vissa förhållanden är konkurrenskraftiga gentemot traditionellt massavedsuttag. Metoden kan användas vid uttag av helstam eller vid kombinerat uttag av massaved och träddelar. Då lämnas lämpligen grövre toppar än vid traditionell gallring. Valet av sortiment är väldigt beroende av prisskillnader sortimenten emellan. Vid helträdsuttag, men även med kombinationsmetoden, bör systemet vara känsligare för dåliga bärighetsförhållanden eftersom skördaren inte kan lägga lika mycket ris i stickvägen som vid vanlig gallring (Thor, 1996).

Klenvirkesbuntare

Försök har gjorts med klenvirkesbuntare i gallring som faller, kapar, komprimerar och buntar hela klena träd. Buntarna kan hanteras som vanligt rundvirke vid skotning och transport till massaindustri. Massa- och energifraktioner separeras i rensriet på industrin. Kvaliteten på massan har bedömts vara jämförbar med den som är traditionellt avverkad. Effektiviteten har i gjorda undersökningar visat sig vara låg men är under utveckling. (Jylhä, et al. 2007).

2.6 Effekter av ackumulering med skördaraggregat

Skördarens volymmätning vid flerträdshantering blir betydligt mindre exakt än vid mätning av enskilda träd eftersom diameter och längd inte mäts enskilt för varje träd. Problem vid upparbetning av flera träd med betydande skillnader i diameter och längd kan skapa problem. Orsaken är att lägsta diameter för aktuellt sortiment kan uppstå vid vitt skilda punkter på de enskilda stammarna. Flerträdsutrustningen medför ökad kontroll vid fällningen av stammarna vilket skapar möjligheter till en minskad skadegrad på kvarstående skog. Det är de så kallade ackumuleringsarmarna som skapar ökad stabilitet vid fällning och förflyttning av träd (Gingras, 2004). Enligt Ulvcróna med flera (2010) ger flerträdshantering inte högre skadeandel i kvarvarande bestånd än konventionella metoder.

Enligt Dehlén (2010) förekommer viss risk för sortimentsvandring från massavedssortiment till energivedssortiment då dessa båda apteras. Vilket sammanfaller med Gingras (2004) konstaterande enligt ovan att diameter- och längdskillnader kan skapa vissa problem vid upparbetning av flera stammar. Då stammar med låg diameter och/eller längd kan nå lägsta toppdiameter för ett visst sortiment tidigare än grova och långa stammar.

Upparbetning av flera stammar samtidigt medför i regel att virket blir sämre kvistat och att toppar med för liten dimension kommer med till industrin. Kvistvraken är det mindre problemet av de två eftersom stor andel av kvisten lossnar från virket under de aktiviteter som medför lastning och lossning av virket senare i kedjan. Vrakandelen har dock i tidigare studier visat sig bli några procentenheter högre vid flerträdsavverkning. På industrin har massans kvalitet dock bedömts hålla likvärdig kvalitet som den från enträdshanterade objekt (Bergkvist, 2003).

2.7 Prestation skördare

Vilken nivå prestationen hamnar på är beroende av ett flertal faktorer. Vid avverkning är det oftast objektets medelstamsvolym som är den viktigaste faktorn. Prestation kan mätas på ett flertal olika sätt och med olika mått. De tidsenheter som normalt används är G_0 -tid eller G_{15} -tid, vanligtvis mäts prestationen i m^3 fub/tidsenhet eller antal stammar/tidsenhet. G_0 -tid innebär effektiv tid utan avbrott, G_{15} -tid innefattar eventuella avbrott under 15 minuter (Brunberg 1997).

2.8 Syfte

Syftet med undersökningen är att få klarhet i vilka produktivitetseffekter flerträdshanteringen har vid gallringsingrepp. Om hanteringen av klena stammar effektiviseras enligt tidigare gjorda undersökningar riskerar nuvarande prestationsfunktioner vara inaktuella. Eftersom arbetet har en relativt snäv tidsram bedöms underlaget från en egen fältstudie bli bristfälligt. Rapporten grundar sig på tillgängliga data från Sydved och entreprenörer som använt sig av ovanstående metod i hög utsträckning.

Mål

- Tydliggöra i vilken utsträckning flerträdshanteringen används i praktisk drift och hitta ett samband mellan uttagets medelstam och användning av flerträdsteknik.
- Undersöka hur prestationskurvorna för de flerträdshalterande skördarna i studien ser ut jämfört med produktionskurvor för enträdshalterande skördare.
- Se om en eventuell differens mellan prestationsnormen för enträdshalterande skördare och resultatet från undersökningen går att härleda till flerträdstekniken.
- Undersöka om uttag av delkvistade sortiment påverkar prestation och flerträdshalterande.

Undersökningen utformades för att på bästa sätt kunna besvara frågeställningarna inom tidsramen för ett examensarbete på 15 hp.

3. MATERIAL OCH METODER

3.1 Allmänt

Materialet hämtades från Sydved AB och kontrakterade entreprenörer som var verksamma inom Region Nord. Uppgifterna hämtades från redan gallrade objekt, för att objekten skulle vara kvalificerade till undersökningen ställdes en kravspecifikation upp enligt följande:

- Objekten skulle vara gallrade av stickvägsgående engreppsskördare som var utrustad med flerträdshanterande skördaraggregat.
- Driftstid (G_{15} -timmar) och stamantal, flerträdshanterade- respektive enträdshanterade stammar, skulle kunna tillhandahållas av entreprenören för varje enskilt objekt.
- Uppgifter om inmätta bruttovolymer från aktuell mottagningsplats skulle finnas tillgängliga i Sydveds system.

3.2 Genomförande

Arbetet startades med att ett informationsmejl skickades ut till den personal som berördes av undersökningen på Sydved AB. Slutredovisade gallringsuppdrag som utförts av ett antal flerträdshanterande skördare under 2009 och 2010 söktes fram ur Sydveds system. Ansvarig inköpare fick avgöra vilka objekt som var rena gallringsuppdrag och därmed lämpliga som underlag för studien.

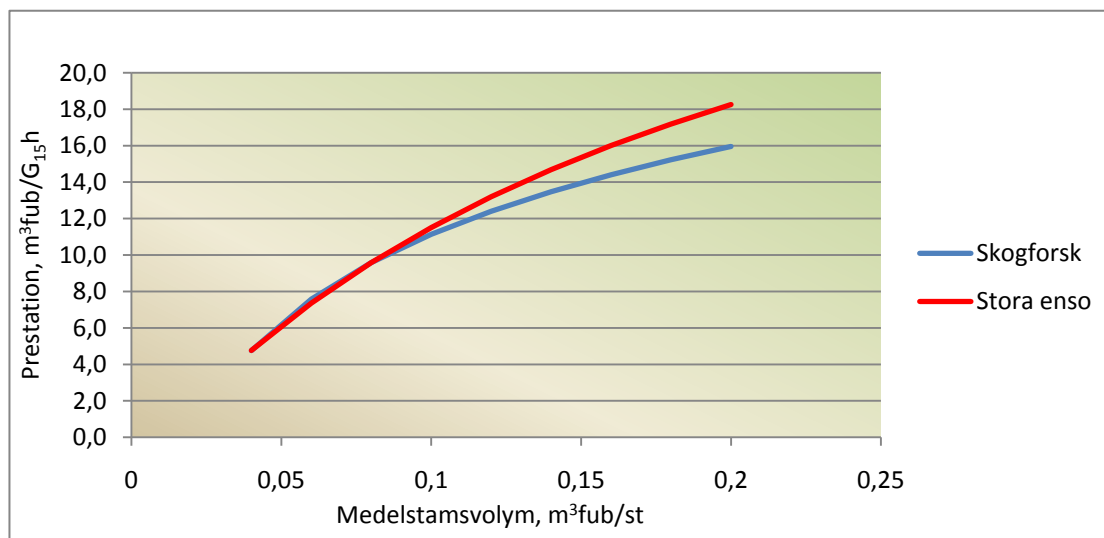
Kontakt med respektive entreprenör för information om undersökningen och för insamling av information gällande stamantal och driftstider för respektive objekt.

Den inmätta volymen bedömdes som den mest exakta varför den användes för att räkna ut produktivitet. Stamantalet hämtades från skördaren och användes för att med hjälp av inmätta volymer få fram en verklig medelstam.

Stamantal, inmätta volymer och driftstid fördes in i ett exceldokument. Antal flerträdshanterade stammar vägdes mot det totala stamantalet för att se i vilken utsträckning flerträdshanteringen använts på de aktuella objekten. Funktioner för samband mellan medelstam och prestation togs fram ur underlaget i Microsoft Excel. Punktdiagram skapades där varje enskilt objekt fick representera en punkt. Punkten var beroende av medelstamsvolym $m^3\text{fub}/\text{stam}$ i X-led och prestation $m^3\text{fub}/G_{15}$ -timme i Y-led. Programmets funktion för regressionsanalys användes för att ta fram en ekvation som följde sambandet med ett så lågt R^2 -värde som möjligt.

Prestationen från de flerträdshanterande skördarna i undersökningen jämfördes med Skogforsks prestationsnorm för stickvägsgående skördare och Stora Ensos prestationskurva. Andelen flerträdshanterade stammar användes för att utläsa om

eventuella skillnader gick att härleda till att skördarna är utrustade med flerträdshantering. Andelen flerträdshanterade stammar vid olika medelstamsvolym användes även för att undersöka i vilken utsträckning medelstamsvolymen påverkat användandet av flerträdshantering. I ett antal av objekten i studien har delkvistade sortiment apterats, därför kontrollerades även i vilken inverkan det haft på prestation och flerträdshantering.



Figur 3.1. Prestationskurvor som samband mellan medelstamsvolym och prestation $m^3fub/G_{15}h$.

Stora Ensos prestandokurva har Jon Rudman på Stora Enso tillhandahållit. Skogforsks prestandokurva är framtagen genom en regressionsanalys av tabell 3.1 och har hämtats från publikationen Underlag för produktionsnorm för engreppsskördare i gallring (Brunberg, 1997). Kurvorna gäller för bestånd utan svårigheter. Stora Ensos kurva får normalt korrigeras med ca: – 23 % (personligt meddelande från Jon Rudman 18 januari 2011). Enligt Skogforsk sänks prestationen i regel med 15-20% efter korrektion (Länk B).

Stora Ensos prestandofunktion: $Prestation (m^3fub/G_{15}h) = 8,0937 * (4,7555 - 1 / (Medelstam + 0,2))$

Tabell 3.1. Skogforsks grundprestation

Medelstam, m^3fub	0,04	0,08	0,12	0,16	0,2
Träd/G15-tim	129	113	100	90	82
$m^3fub/G15-tim$	5,2	9	12	14,5	16,4

3.3 Tekniska förutsättningar

Volymerna som användes för uträkning av prestation var samtliga i m^3fub , kubikmeter fast mått under bark. Samtliga inmätta volymer vid industri inhämtades i m^3fub varför inga omräkningstal använts i studien.

Maskinerna i undersökningen var alla stickvägsgående skördare utrustade med traditionellt skördaraggregat och flerträdshantering. Basmaskinerna är Eco Log 560 och Valmet 901, aggregaten är Logmax 4000, Logmax 5000 och SP 451. Flerträdshanteringsutrustningen är den som respektive aggregattillverkare erbjuder. Utrustningen kan eftermonteras utan betydande ombyggnationer.

3.4 Förtjänster och brister

Fördelen med metoden har varit att underlaget till studien blir förhållandevis stort. Att underlaget grundar sig i praktisk drift under en relativt lång tidsperiod medför att resultatet blir en produkt av företagets verklighet. Då undersökningen baserar sig på vitt spridda beståndstyper och förutsättningar speglar underlaget de verkliga förhållanden och svårigheter som maskinerna ställs inför.

Nackdelen med att objekten inte detaljstuderats är den begränsade möjligheten att identifiera variationer mellan objekten. Detta kan innebära förekomst av faktorer som inte framgår av underlaget men eventuellt kan påverka resultatet. Underlaget ger heller inte möjlighet att utläsa hur många stammar per kranmoment som flerträdshanterats.

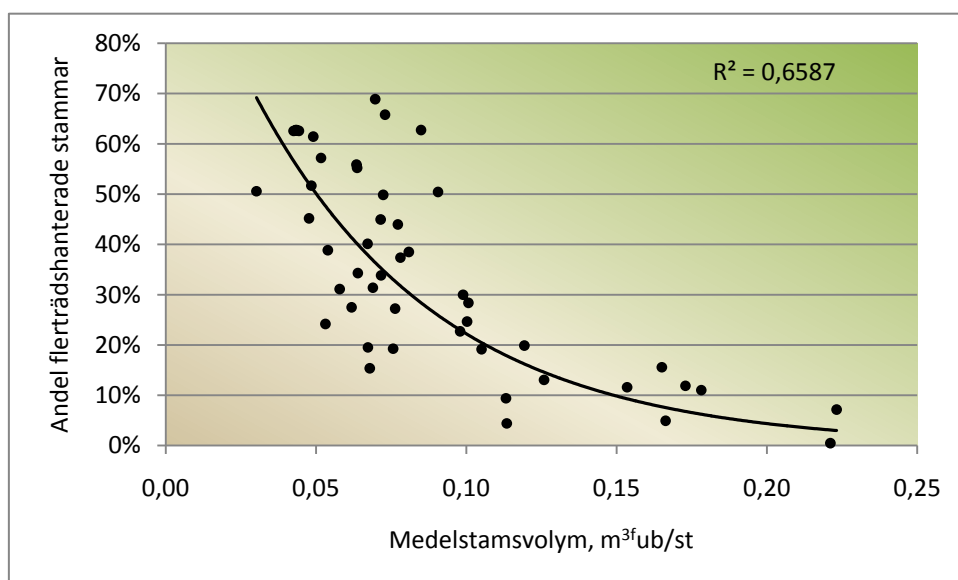
Alla inblandade parter i studien har haft möjlighet att påverka urvalet av bestånd för att ovanstående kravspecifikation skulle följas i största möjliga utsträckning. Vid en sådan urvalsmetod kan bristfälliga bedömningar påverka underlaget i viss utsträckning.

Litteraturstudien är till stor del gjord i olika publicerade forskningsrapporter, även enstaka examensarbeten har använts för att bekräfta fakta av mindre dignitet. Det finns relativt mycket färskt material för en studie inom området.

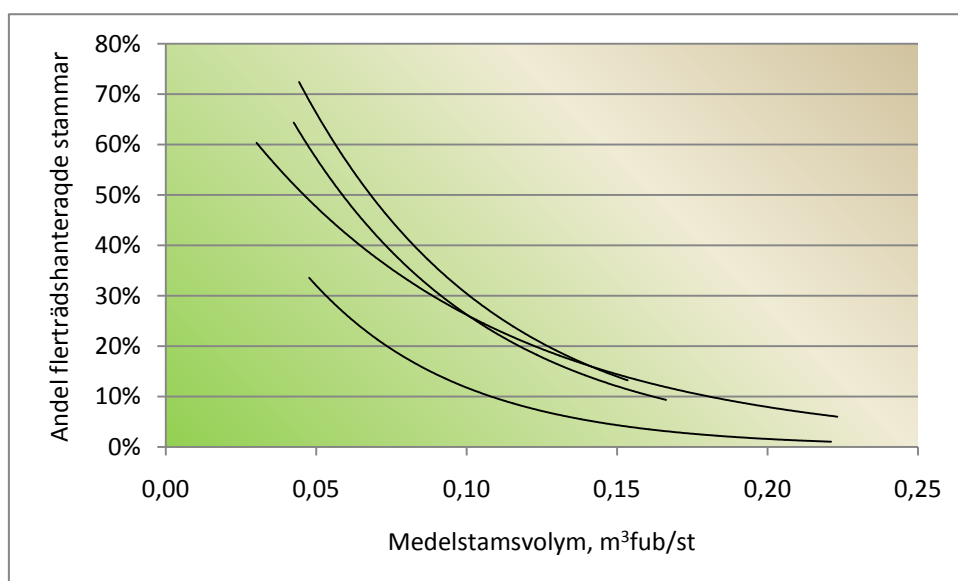
4. RESULTAT

4.1 Användning av flerträdshantering

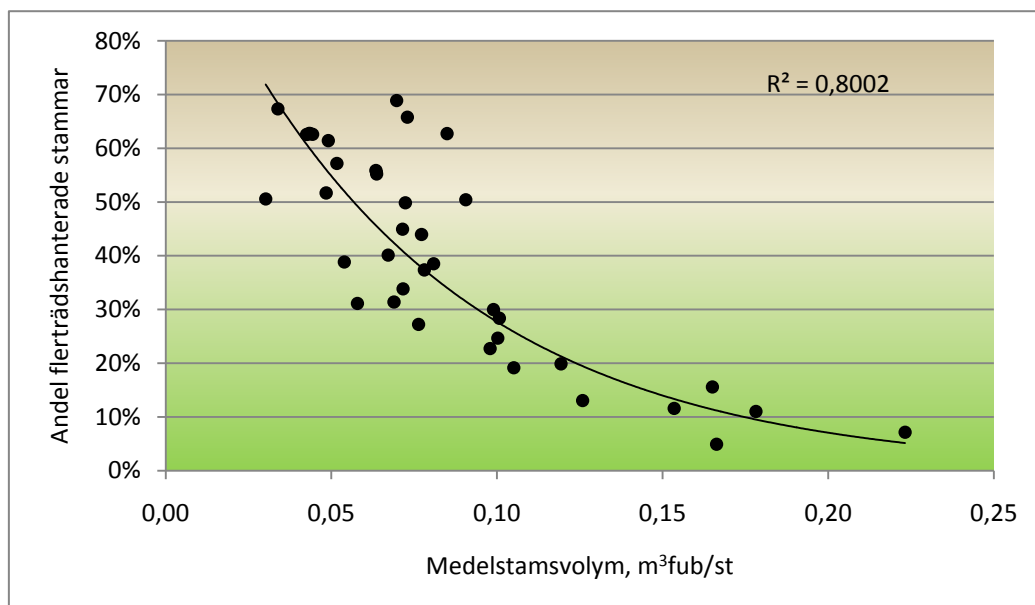
I vilken utsträckning stammar flerträdshanteras korrelerar i hög grad med trädens storlek. Av objekten som ingår i studien varierar andelen flerträdshanterade stammar mellan 0 - 69 %. Alla objekt, oberoende av maskinentreprenör, i studien ingår i diagrammet. Spridningen av punkterna kan till stor del förklaras som skillnader mellan de olika maskinerna i studien som förtydligas i Figur 4.2. Det är främst Maskin 4 som skiljer sig från de andra maskinerna i studien genom att den har en lägre andel flerträdshanterade stammar. I Figur 4.3. är kurvan gjord utan Maskin 4.



Figur 4.1. Andel flerträdshanterade stammar.



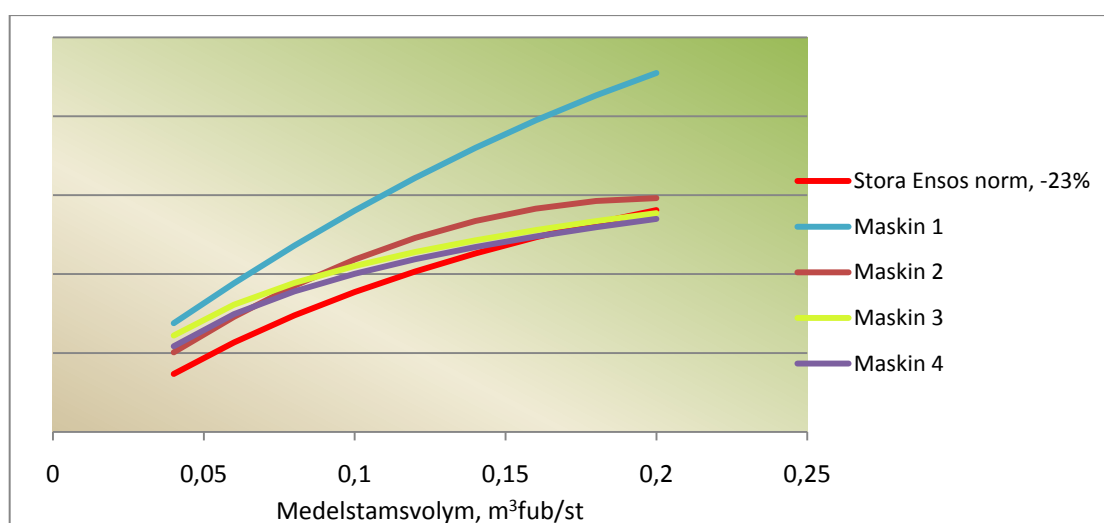
Figur 4.2. Skillnader mellan de olika maskinerna i andelen flerträdshanterade stammar.



Figur 4.3. Andel flerträdshanterade stammar utan Maskin 4.

4.2 Prestation

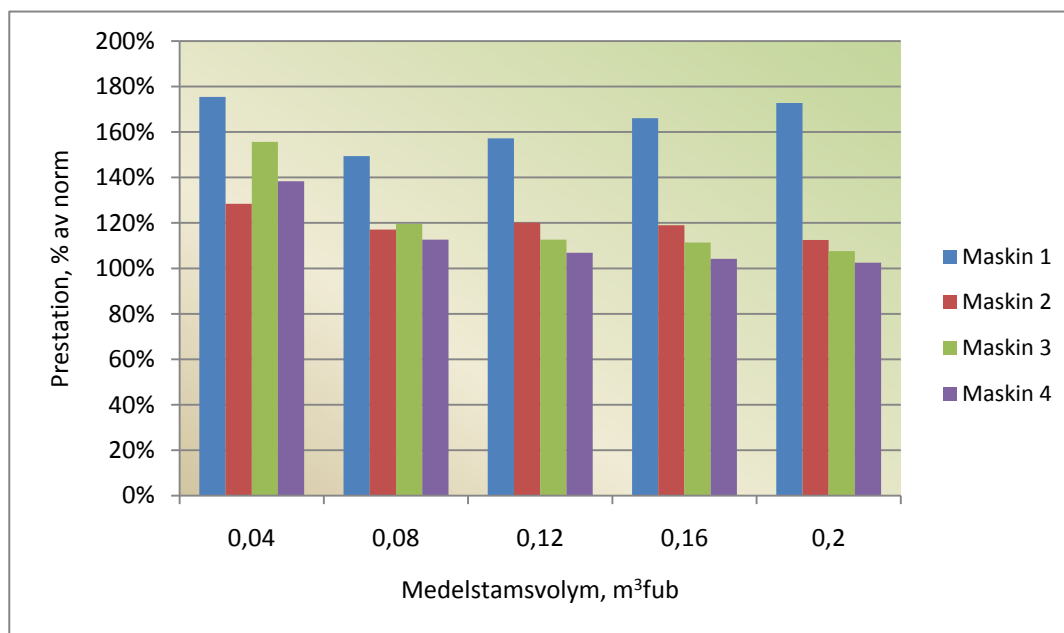
Skördarnas prestationskurvor i jämförelse med Stora Ensos kurva för gallringsskördare sänkt med 23 %, vilket motsvarar normal trakttkorrigerig. Produktionsnivå, m³fub/G₁₅-timme är inte angiven i skalan i Figur 4.3. Maskin 1 ligger på en avsevärt högre prestationsnivå än övriga maskiner. Maskinen är utrustad med ett större skördaraggregat än de övriga.



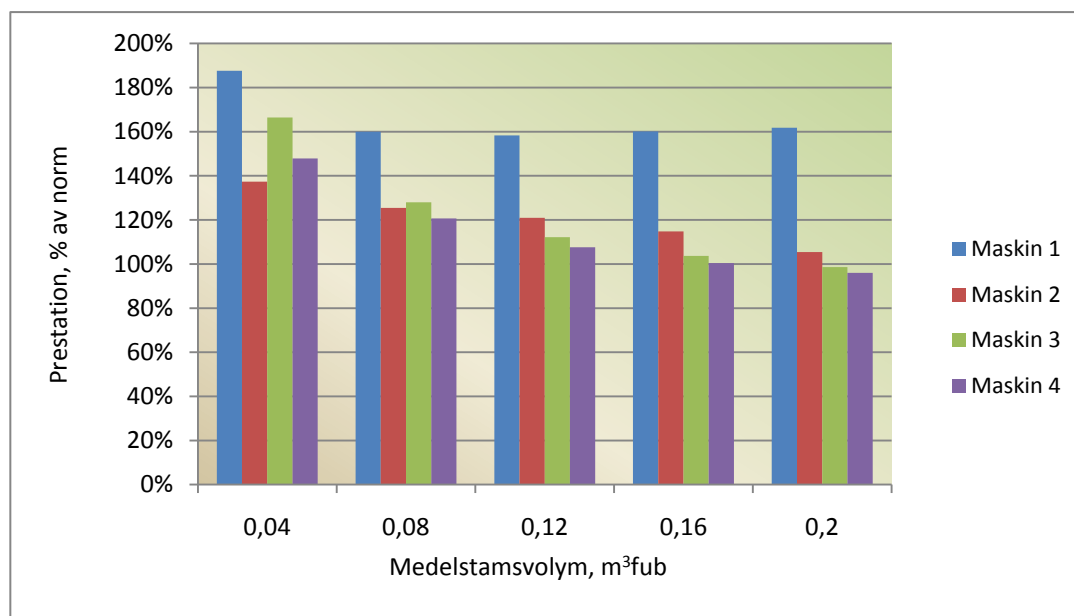
Figur 4.4. Prestationskurvor

Flerträdshanteringen används betydligt oftare i bestånd med låg medelstamsvolym. Figur 4.3 och Figur 4.4 visar hur maskinerna i undersökningen presterar i förhållande till två normer. Prestationsnivån är generellt högre än normen vid klenare

medelstamsvolym. Enligt Figur 4.1 är det främst där flerträdshanteringen kan användas i hög utsträckning. Sambandet är särskilt tydligt vid jämförelser med Stora Ensos norm som har en något brantare lutning än Skogforsks kurva. De skiljer sig framförallt genom att den förstnämnda ger högre prestationsnivåer vid grövre medelstamsvolym.



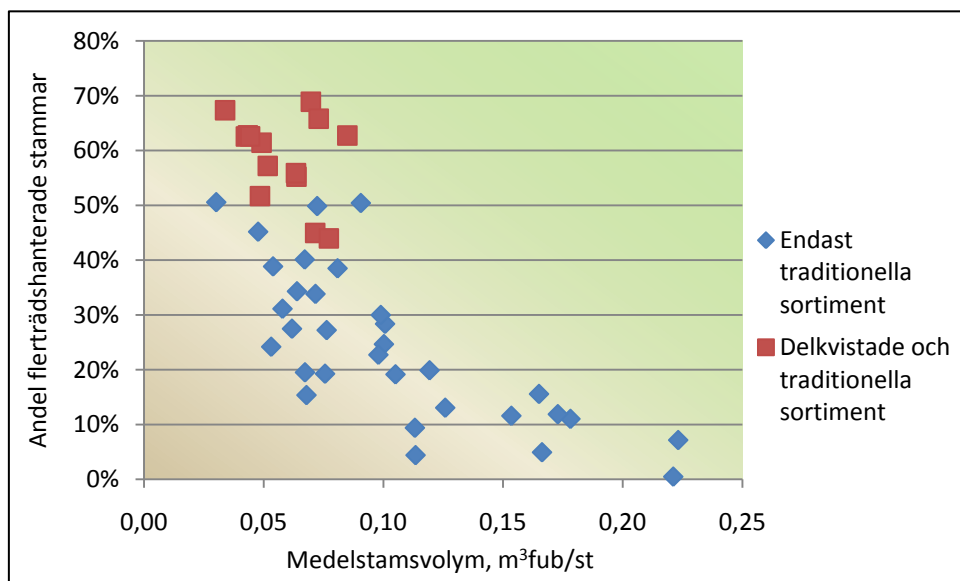
Figur 4.5. Prestation, procentuell nivå i förhållande till Skogforsks norm -17,5 %.



Figur 4.6. Prestation, procentuell nivå i förhållande till Stora Ensos norm -23 %.

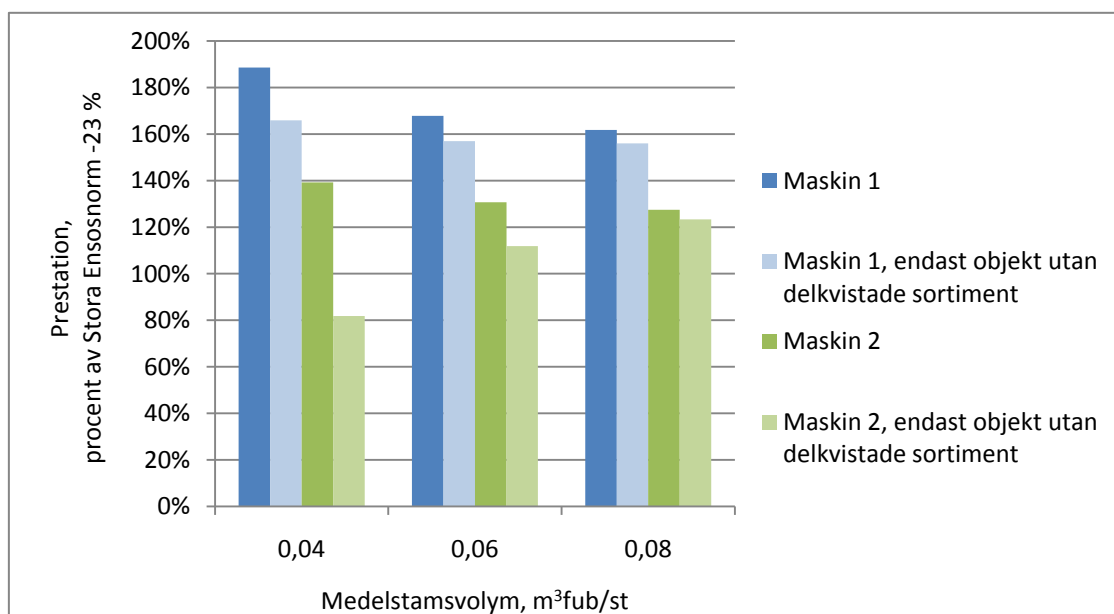
4.3 Delkvistade sortiment

När delkvistade sortiment apteras kan man se en trend som pekar mot att flerträdsutrustningen används i högre utsträckning. En stor del av de uppdrag som visar de högsta nivåerna av andel flerträds hanterade stammar är desamma som där delkvistade sortiment apterats.



Figur 4.7. Inverkan på andelen flerträds hanterade stammar vid uttag av delkvistade sortiment.

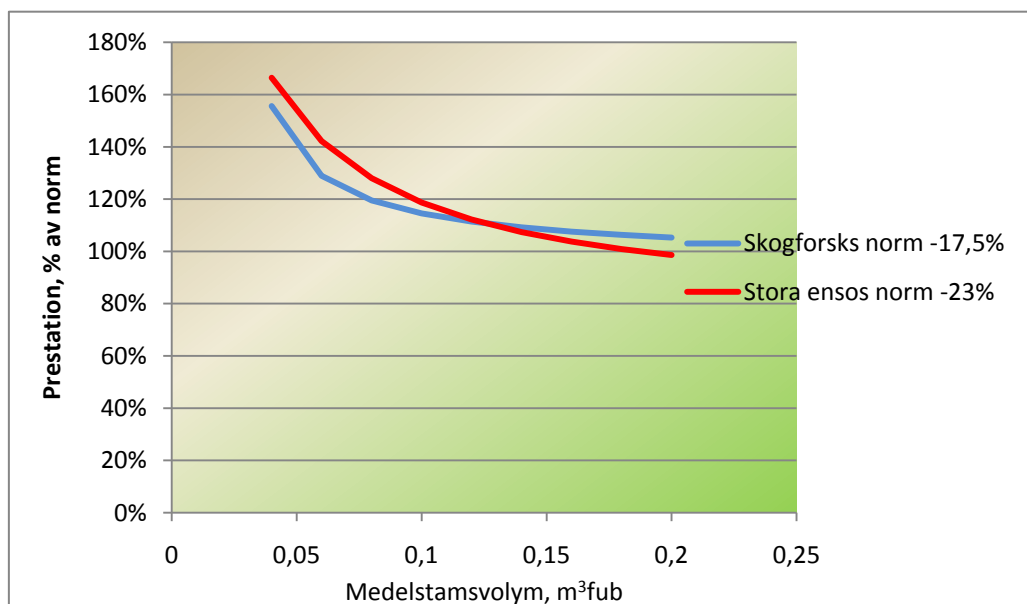
Högre produktivitet har visat sig vid de objekt där delkvistade sortiment apteras, nivån på produktivitetensökningen varierar mellan de olika maskinerna. Figur 4.8 visar skillnaden i prestation vid olika medelstamsvolym. Mörk stapel alla objekt, ljus stapel endast objekt utan uttag av delkvistade sortiment. Det delkvistade sortimentets andel av totalvolymen har inte tagits i beaktning i figurerna.



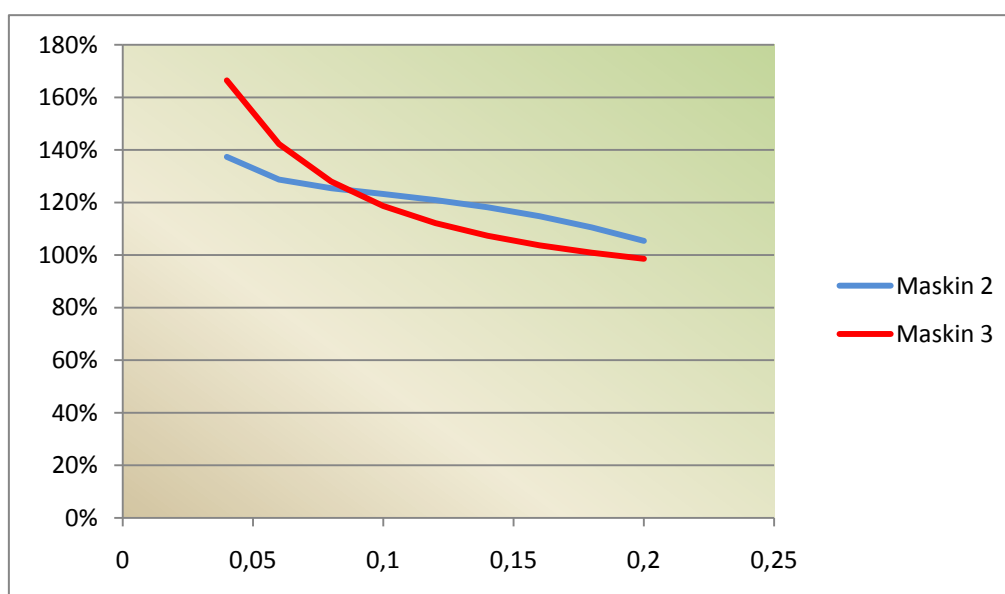
Figur 4.8. Delkvistade sortiments inverkan på prestation.

4.4 Metodutbildning

Föraren i maskin 3 är den enda föraren i studien som är metodutbildad. Maskin 3 har störst differens mellan låg och hög medelstamsvolym vid jämförelsen med Stora Ensos och Skogforsks prestationskurvor. Maskin 2 visar betydligt mindre avvikelser från referenskurvorna se figur 4.10. Då kurvan sänks med normal traktkorrektin, skiljer sig prestationsnivån ca: 100 % - 160 % mellan hög och låg medelstamsvolym för Maskin 3, Figur 4.9.



Figur 4.9. Maskin 3, prestation i förhållande till Stora Ensos norm och Skogforsks norm.



Figur 4.10. Jämförelse av prestation mellan Maskin 2 och Maskin 3 i förhållande till Stora Ensos norm sänkt med 23 %.

5. DISKUSSION

5.1 Variationer i studien

Maskin 1 skiljer sig avsevärt i prestation från de andra maskinerna i studien. Maskin 1 är utrustad med ett större skördaraggregat än de andra maskinerna vilket förmodligen förklarar skillnaden i viss mån. Ett stort aggregat medför möjlighet att ackumulera flera stammar. I vilken utsträckning förare och beståndsförhållanden påverkar resultatet i studien är svårt att veta. Den enda metodutbildade föraren i studien visar den största skillnaden i prestationsnivå mellan objekten med hög och låg medelstamsvolym. Det är dock svårt att veta om detta beror på metodutbildningen eller andra faktorer. För att tydliggöra eventuella effekter av metodutbildning kan tidsstudier göras på förare före och efter metodutbildning. Det finns även utrymme för studier för att klargöra vilka basmaskiner och skördaraggregat som lämpar sig mest för flerträdshantering i gallring. De skulle kunna ge underlag och förslag till vad som möjliggör och krävs för att uppnå effektivare flerträdshantering och avverkning.

5.2 Flerträd

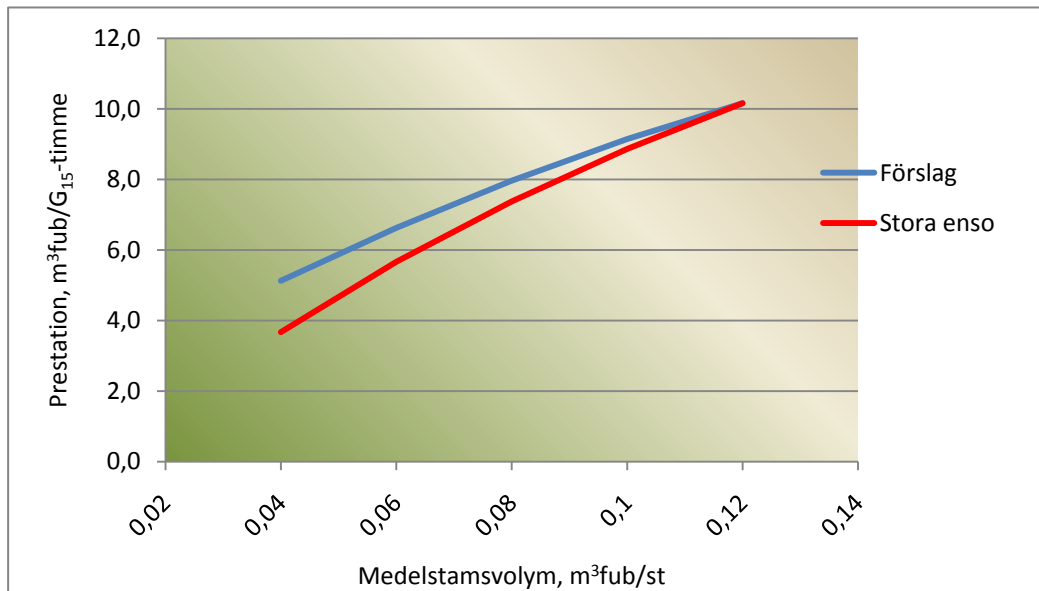
Samtliga maskiner i studien presterar procentuellt mer vid låg medelstamsvolym än vid hög medelstamsvolym i förhållande till stora Ensos och Skogforsks norm. Vilket tyder på att flerträdsutrustningen som har en påtaglig inverkan på prestationsnivåerna i bestånd med låg medelstamsvolym. Flerträdshantering används i viss mån även vid relativt hög medelstamsvolym. Beståndets diameterspridning påverkar troligen avsevärt i vilken utsträckning flerträdshanteringen kan användas i bestånd med hög medelstamsvolym. Enligt undersökningen flerträdshanteras mellan ca: 20-70 % av träden i gallring vid medelstamsvolym 0,1 m³fub/stam och lägre.

Uttag av delkvistade sortiment påverkar enligt Figur 4.4 möjligheterna att använda flerträdshantering positivt. Delkvistade sortiment används i regel till biobränsle på sydved vilket förenklar sorteringen, i synnerhet i bestånd med många olika trädslag. Eftersom alla trädslag accepteras i sortimentet kan aggregatet alltid ”fyllas” med stammar oberoende av trädslagsblandningen. Tillredningen kompliceras avsevärt om stammarna i aggregatet inte fyller sortimentets krav på trädslag. Prestationen bromsas sålunda i vida trädslagsblandade bestånd om inte alla i beståndet förekommande trädslag accepteras i alla sortiment som tas ut.

I både Skogforsks och Stora Ensos normer ingår stickvägsgående och beståndsgående skördare i underlaget. I den här studien ingår endast stickvägsgående skördare.

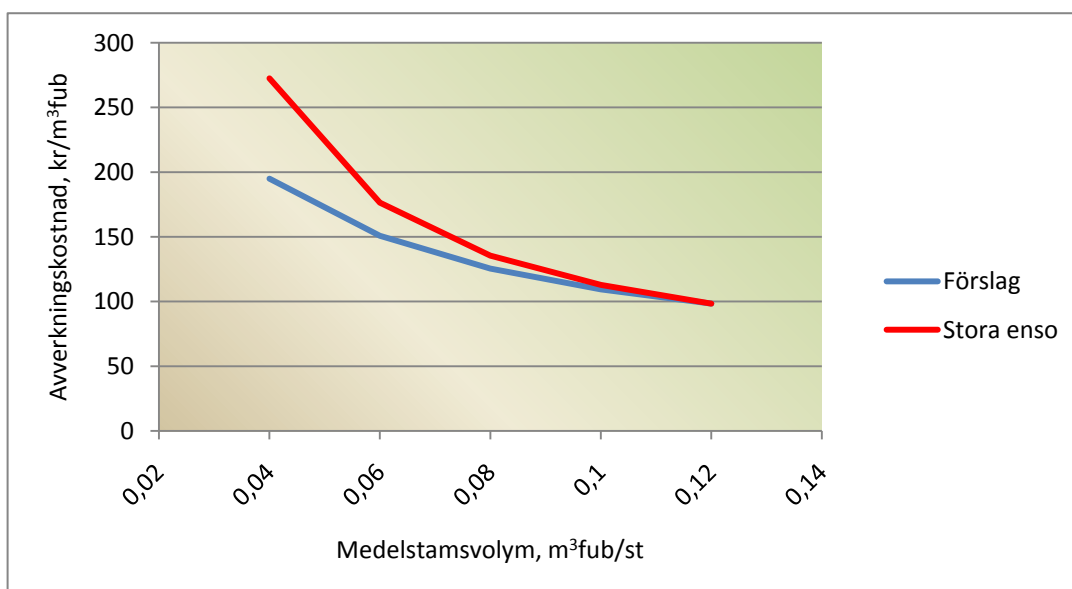
5.3 Förslag till prestandskurva

Under de förhållanden som råder inom sydvädd Region Nord's verksamhetsområde bör följande prestandskurva spegla verklig prestanda förhållandevis väl. Kurvan är utformad för stickväggsgående skördare med litet skördaraggregat i storlek med Logmax 4000 och SP 451. Nivåläggning av kurvan bör göras i samråd mellan entreprenör och uppdragsgivare för att spegla rådande förhållanden. I Figur 5.1 är förslagskurvan lagd i nivå med Stora Enso's kurva vid medelstamsvolym 0,12 m³fub/st. Stora Enso's kurva är sänkt med 23 % i Figur 5.1 och 5.2.



Figur 5.1. Förslag till form på prestandskurva, stickväggsgående flerträdshalterande skördare.

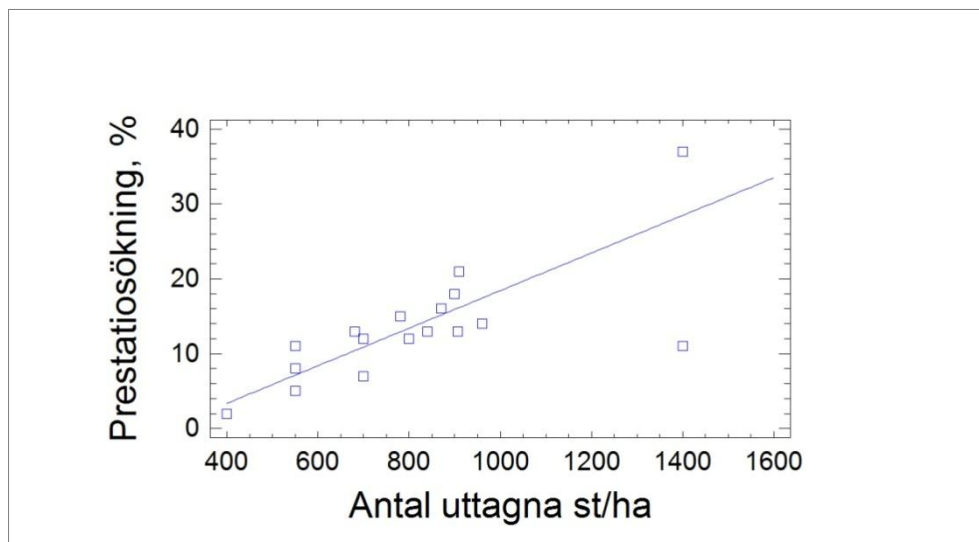
Förslag på kurva till avverkningskostnad. Förslagskurvan är lagd i nivå med Stora Enso's kurva -23 % vid medelstamsvolym 0,12 m³fub/st.



Figur 5.2. Förslag till form på ackordspriskurva, stickväggsgående skördare med flerträdshaltering.

5.4 Prestationsökning

Enligt (personligt meddelande från Torbjörn Brunberg 19 november 2010) är antalet uttagna stammar per hektar den faktor som påverkar prestationsökningen mest vid flerträdshantering i gallring. Funktionen för Figur 5.3 är: $P = -6,7 + 0,025 * SUT$. Där P är prestationsökning och SUT är antal uttagna stammar per ha. Figuren är att se som preliminärt arbetsmaterial och grundar sig på tidigare studier gjorda under 80 och 90-talet.



Figur 5.3. Kurva för prestationsökning beroende av antal uttagna stammar/ha.

Med den vetenskapen kan det vara relevant att ta in uttagna stammar per hektar som en del av prissättningen vid flerträdsavverkning i gallring. En metod kan vara att använda en grundprislista. Listan grundar sig i medelstamsvolym, m³fub per stam. Traktkorrigering på grundprislistan görs beroende av antal uttagna stammar per hektar. Korrektion är då endast relevant vid låga medelstamsvolymmer där flerträdshantering kan användas i hög utsträckning.

Att använda ytterligare en faktor vid prissättning kan öka möjligheterna för avverkningskostnaden att spegla verklig prestation vid flerträdshantering. Nackdelen är att bortsättningsberäkning kompliceras i viss mån. Vid prissättning med endast medelstamsvolym krävs data om stamantal och volym. Om antal uttagna stammar per hektar ska användas som ytterligare en prispåverkande faktor krävs även exakt areal för prissättning. Genom att dividera det totala stamantalet med arealen fås då medelvägt uttag av stammar per hektar. Andelen flerträdshanterade stammar kan vara en alternativ korrektionsfaktor eftersom den informationen finns tillgänglig i skördarens produktionsfil.

5.5 Exempel på prissättning

Exempel på prestationsnivå uträknad med Stora Ensos prestationsnorm. Den skiljer sig inte betydande från Skogforsks norm vid medelstamsvolym under $0,1 \text{ m}^3\text{fub}/\text{stam}$. Korrektion med antal uttagna stammar per hektar används. Resultatet jämförs med de prestationsnivåer som studien visat.

Exempel: Gallring 6,3 hektar. Uttag volym $315 \text{ m}^3\text{fub}$. Uttag stam 5250 st.

Medelstamsvolym: $315 / 5250 = 0,06 \text{ m}^3\text{fub}/\text{st}$

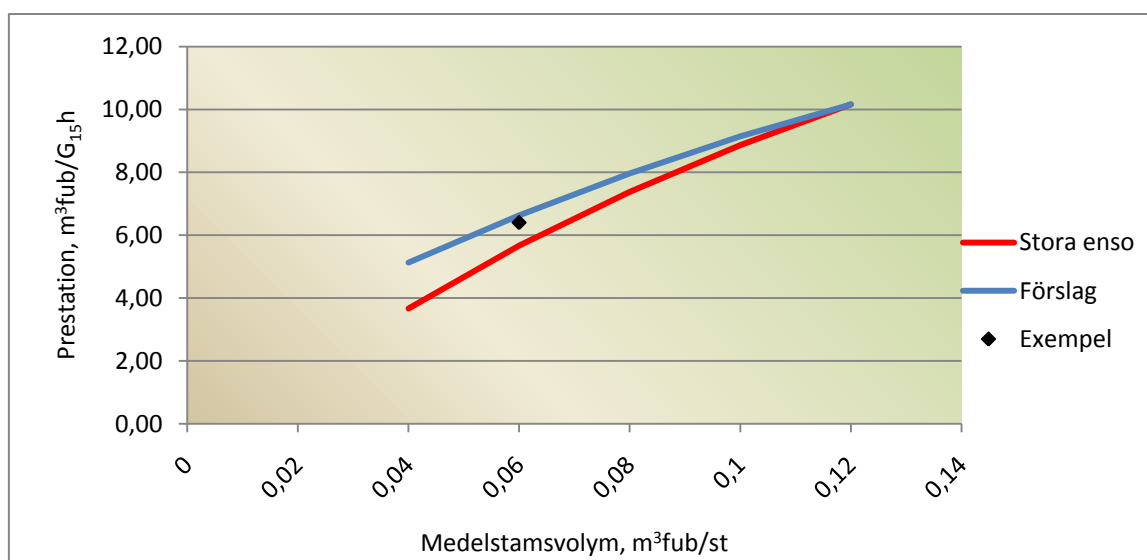
Antal uttagna stammar / hektar: $5250 / 6,3 = 833 \text{ st}/\text{ha}$

Grundprestation Stora Enso: $8,0937 * (4,7555 - 1 / (0,06 + 0,2)) = 7,4 \text{ m}^3\text{fub}/\text{G}_{15}\text{-timme}$.

Normal traktkorrigering, Stora Enso -23 %

Korrigerig för uttagna stammar per hektar: $-6,7 + 0,025 * 833 = +14,125 \%$.

Slutgiltig prestation: $7,4 - 23 \% + 14,125 \% = 6,5 \text{ m}^3\text{fub}/\text{G}_{15}\text{-timme}$.



Figur 5.4. Exempelnivå i förhållande till Figur 5.1.

I exemplet ovan skulle korrektionen för antal uttagna stammar per hektar innebära att nivån skulle falla mellan Stora Ensos normkurva -23 % och förslagskurvan från Figur 5.1. Enligt exemplet skulle en högre korrektionsfaktor vara att eftersträva. Fortsatta studier inom området kan ge klarhet i vilken procentuell prestationsökning som kan förväntas vid givet antal stammar i uttaget.

6. SAMMANFATTNING

Arbetet grundar sig i den ovisshet som råder kring flerträdsteknikens påverkan på avverkningsarbetet i gallring. Rapporten undersöker i vilken utsträckning ett flertal maskiner använt flerträdshantering vid olika medelstamsvolym och sortimentsuttag. Resultatet ger en bild av vilken inverkan flerträdsteknik haft på maskinerna i den löpande produktionen. Undersökningen grundar sig på data från objekt som utförts i Sydveds och entreprenörernas dagliga verksamhet. Insamling och sammanställning av driftstider, stamantal och inmätta volymer från ett flertal entreprenörer och ett stort antal utförda uppdrag ligger till grund för studien.

Maskintiderna i undersökningen är G_{15} -tid och volymerna i $m^3\text{fub}$. Det är endast stickvägggående skördare som ingår i undersökningen av fabriken Eco log och Valmet. Volymdata är hämtat från respektive mottagningsplats i $m^3\text{fub}$ varför inga omräkningstal använts i studien.

Fleträdshanteringen används i betydligt högre utsträckning vid lägre medelstamsvolym. Prestationskurvorna från de flerträdshanterande skördarna i studien skiljer sig från prestationskurvorna för enträdshanterande skördare i utseende och lutning. Kurvorna som tagits fram i studien är inte lika beroende av medelstamsvolym som referenskurvorna. Produktivitetsnivån varierar avsevärt mellan olika maskiner och förare vilket i sig kan vara ett underlag till metodutbildning av förare. Uttag av delkvistade sortiment har enligt studien positiv inverkan på både andelen flerträdshanterade stammar och produktivitet.

7. KÄLLFÖRTECKNING

7.1 Publikationer

- Agestam Eric (2009): *Skogsskötselserien nr. 7, Gallring*, Skogsstyrelsen
- Bergkvist Isabelle (2003): *Resultat nr.5, Flerträdshantering ökar prestationen och ökar nettot i klen gallring*, Skogforsk
- Bergkvist Isabelle (2007): *Arbetsrapport från Skogforsk nr. 637, Flerträdshantering i granbestånd*, Skogforsk
- Bergström Dan, Ulvcrona Thomas, Nordfjell Tomas, Egnell Gustaf och Lundmark Tomas (2010): *Skörd av skogsbränsle i förstagallringar*, SLU
- Brunberg Torbjörn (1997): *Underlag för produktionsnorm för engreppsskördare i gallring, Redogörelse nr 8*, Skogforsk
- Dehlén Jonas (2010): *Mindre studie av en ny gallringsmetod i stamtät förstagallring av gran i södra Sverige*, Examensarbete i skogshushållning, SLU
- Egnell Gustaf (2009): *Skogsskötselserien nr. 17, Skogsbränsle*, Skogsstyrelsen
- Gingras Jean-François (2004): *Early Studies of Multi-Tree Handling in Eastern Canada*, International Journal of Forest Engineering, Volume 15, Number 2
- Hakkila Pentti (2005): *Fuel From Early Thinnings*, International Journal of Forest Engineering, Volume 16, Number 1
- Iwarsson Wide Maria (2009a): *Resultat nr.3, Skogforsk*
- Iwarsson Wide Maria (2009b): *Arbetsrapport från Skogforsk nr.680*. Skogforsk
- Iwarsson Wide Maria och Belbo Helmer (2009): *Arbetsrapport från Skogforsk nr.679* Skogforsk
- Jacobson Staffan, Kukkola Mikko, Mälkönen Eino, Tveite Björn (2000): *Impact of whole tree harvesting and compensatory fertilization on growth of coniferus thinning stands*, Forest Ecology and Management 129: 41-51
- Johansson Jerry, Gullberg Tomas (2002): *Multiple Tree Handling in the Selective Felling and Bunching of Small Trees in Dense Stands*, International Journal of Forest Engineering, Volume 13, Number 2
- Jylhä Paula, Laitila Juha, Kärhä Kalle och Björheden Rolf (2007): *Resultat nr. 19, Klenvirkesbuntare – framtidsmaskin i förstagallring?* Skogforsk

- Kärhä Kalle (2006): *Whole-tree harvesting in young stands in Finland*, Forestry Studies 45
- Kärhä Kalle, Jouhio Aki, Mutikainen Ato, Mattila Salle (2005): *Mechanized Energy Wood Harvesting from Early Thinnings*, International Journal of Forest Engineering, Volume 16, Number 1
- Ligné Daniel (2004): *New technical and alternative silvicultural approaches to pre-commercial thinning*, Swedish University of Agriculture Sciences. Doctoral thesis
- Liss Jan-Erik (2004): *Avverkningsvolym och netton i tidig gallring vid alternativ skogsbränsle eller massaved*, Institutionen för Matematik, naturvetenskap och teknik, Högskolan Dalarna.
- Mattsson Staffan (1999): *Resultat nr 14, Ekonomiska kalkyler visar: Tillväxtförluster ger "dolda kostnader" vid uttag av skogsbränsle – framförallt i gallring*, Skogforsk
- Pettersson Bengt, Backe Jan (1998): *Röjningsundersökning 1997: produktion - miljö*, Skogsstyrelsen
- Petterson Nils, Fahlvik Nils och Karlsson Anders (2007): *Skogsskötselserien nr. 6, Röjning*, Skogsstyrelsen
- Rosenberg Olle, Jacobson Staffan (2004): *Effects of Repeated Slash Removal in Thinned Stands on Soil Chemistry and Understorey Vegetation*, Silva Fennica 38 (2): 133-142
- Sandström Jonas (2010): *Träddelsuttag eller massaved i förstagallring?* Examensarbete i skogshushållning, SLU.
- Statens energimyndighet (2006): *Miljöeffekter av skogsbränsleuttag och askåterföring i Sverige, En syntes av energimyndighetens forskningsprogram 1997 till 2004*, ER2006:44
- Thor Magnus (1996): *Chipset 536 C stickvägsgående flisare – tidsstudie och systemanalys*, Stencil. Skogforsk
- Ulvcrona Kristina, Ulvcrona Thomas, Lundmark Thomas: *Skador efter tidig gallring i täta tallbestånd*, Skog & Trä 2010:1, Sveriges Lantbruksuniversitet, enheten för skoglig fältforskning. Vindelns försöksparker.
- Vikinge Björn (1995): *Trädbränsle eller massaved – lönsamhet i första gallring*, Fakta Skog, SLU.
- Wang Pei, Olsson Bengt A., Arvidsson Helen, Lundkvist Helen (2010): *Short-term effects of nutrient compensation following whole-tree harvesting on soil and soil water chemistry in a young Norway spruce stand*, Plant Soil 336:323-336

7.2 Internetdokument

Länk A:

Skogforsk (2010-12-07)

<http://www.skogforsk.se/sv/forskning/Skogsbransle/Geometrisk-skord/>

Länk B:

Skogforsk (2011-01-24)

<http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/Gallra/11403/11401/11459/>

7.3 Personliga meddelanden

Rudman Jon, Utvecklingsingenjör, Stora Enso. 18 januari 2011

Brunberg Torbjörn, Forskare, Skogforsk. 19 november 2010